

**FRANCIELY ABATI MIRANDA**

**CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE DO CAMPO DA GRAVIDADE NA  
REGIÃO DO DATUM VERTICAL BRASILEIRO**

**Dissertação apresentado como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis Faggion**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Sílvio Rogério  
Correia de Freitas**

**CURITIBA  
30 de agosto de 2006**

**“CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE DO CAMPO DA  
GRAVIDADE NA REGIÃO DO DATUM VERTICAL  
BRASILEIRO”**

**POR**

**FRANCIELY ABATI MIRANDA**

Dissertação nº 197 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade  
Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Curitiba, 30 de agosto de 2006.



Prof. Dr. Pedro Luís Faggion (UFPR) - Orientador e Presidente



Prof. Dr. Nelsi Côgo de Sá - Membro (USP)



Prof. Dr. Guataçara dos Santos Júnior - Membro (UTFPR)

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado à minha família, especialmente aos meus pais João e Ana, pelo amor, atenção, apoio e incentivo que sempre me foram dados, e por serem o porto seguro de todas as horas.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus queridos pais João e Ana, pelo carinho, apoio, dedicação, incentivo permanente e por estarem, apesar da distância, sempre presentes ao longo desta caminhada.

Ao Prof. Dr. Pedro Luis Faggion, por ter aceitado orientar e planejar este trabalho, durante todo o seu desenvolvimento, sendo sua atuação e colaboração essenciais para a conclusão desta pesquisa.

Ao co-orientador Prof. Dr. Sílvio Rogério C. de Freitas pela cordialidade e atenção que sempre me foram dispensadas.

A Universidade Federal do Paraná, através do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, por colocar a disposição seus laboratórios e instalações.

Ao LAIG, LAGE, LPGA e LARAS pelo empréstimo de equipamento.

À Verali Mônica Kleuser, secretária do CPGCG da UFPR.

A Companhia Docas de Imbituba que apoiou a execução de atividades na área do porto e disponibilizou espaço físico pra instalação de equipamentos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

À Dr. Ana Cristina Matos por disponibilizar o DEM\_SRTM\_SAM\_30s para esta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Denizar Blitskow por disponibilizar um arquivo de dados gravimétricos e altimétricos da região de estudos.

À Prof. Dr. Márcia Quintas e Prof. Dr. Nêlsi Cogo de Sá, componentes da banca examinadora por ocasião do seminário de qualificação (Seminário I), pelas contribuições inestimáveis por meio das sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luis Koenig Veiga, pela amizade e atenção, além da ajuda quanto a revisão de parte do texto.

A Juan Carlos Báez pelo auxílio com o processamento de dados GPS.

Aos “gaúchos” Daniel Goldani e Rafael Santos Genro, grandes amigos, pelo auxílio com os programas da Escola do Geóide.

A Alessandra Svonka Palmeiro e Jair Silveira Jr. pela ajuda nos levantamentos de campo realizados em Imbituba – SC.

A Mosar Faria Botelho, autor de algumas das implementações computacionais utilizadas nesta pesquisa, meu agradecimento pela paciência e auxílio no processamento das RNA’s.

A Elaine Cristina Souza, Regiane Dalazoana e Roberto Teixeira Luz pelas conversas sempre produtivas e contribuições valiosas.

A minha irmã Fabiani Abati Miranda e as minhas irmãs de coração Alessandra S. Palmeiro, Karoline Paes Jamur, Michele Beppler e Tatiana Taura, por toda paciência, carinho, companheirismo, apoio permanente, pela amizade e presença nos momentos mais difíceis e nos mais felizes deste trabalho...obrigada por serem minha família em Curitiba.

A todos os professores e alunos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, com os quais pude discutir sobre temas técnicos e científicos, pelo companheirismo, por todos os ensinamentos e dedicação. Pela amizade e carinho...“minha admiração e respeito“.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.2 CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo Geral .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 JUSTIFICATIVA .....	6
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	6
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
2.1 O PROBLEMA FUNDAMENTAL DA GEODÉSIA .....	8
2.2 O CAMPO GRAVITACIONAL TERRESTRE E SUAS VARIAÇÕES.....	10
2.2.1 Variação com a Latitude.....	11
2.2.2 Redução da Força da Gravidade – Variação com a Altitude .....	12
2.2.2.1 Correção e anomalia ar-livre .....	13
2.2.2.2 Correção e anomalia Bouguer .....	15
2.2.2.2.1 Correção de terreno .....	17
2.2.2.3 Efeito Indireto .....	21
2.2.3 Gravimetria – Sua Importancia nas Determinações do Campo de Gravidade..	22
2.2.3.1 Levantamentos e circuitos gravimétricos .....	23
2.2.3.2 Gravímetro <i>SCINTREX CG-3</i> .....	24
2.3 REPRESENTAÇÃO E MODELAGEM MATEMÁTICA DO TERRENO .....	27
2.3.1 Representação – Grade Retangular .....	28
2.3.2 Interpoladores .....	29
2.3.2.1 <i>Krigagem</i> .....	31

2.3.2.2 Superfície de mínima curvatura ( <i>Spline</i> ).....	32
2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL – REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS .....	32
2.4.1 Características de uma Rede Neural Biológica .....	34
2.4.2 Características de uma Rede Neural Artificial e Comparação com a Biológica.....	35
2.4.3 Considerações sobre a RNA.....	36
2.4.4 Arquitetura de uma Rede Neural Artificial .....	37
2.4.4.1 Rede neural multicamadas.....	39
2.4.5 Treinamento Supervisionado e Não Supervisionado de uma RNA .....	40
2.4.6 Generalização de uma Rede Neural Artificial.....	41
<b>3 DESCRIÇÃO DOS DADOS DISPONÍVEIS NA ÁREA DE ESTUDOS .....</b>	<b>43</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS DADOS .....	43
3.1.1 Dados Gravimétricos .....	43
3.1.2 Dados Topográficos .....	44
3.1.3 Constantes Utilizadas neste Trabalho.....	46
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
4.1 ASPECTOS GERAIS.....	47
4.1.1 Área do Levantamento, Equipamentos e Programas utilizados.....	47
4.1.2 Planejamento e Metodologia adotada na Campanha de Levantamento Gravimétrico.....	49
4.1.3 Procedimento de Verificação e Cálculo dos Dados .....	56
4.1.3.1 Cálculo do circuito gravimétrico .....	56
4.1.3.2 Verificação dos dados gravimétricos oriundos da SGGSA .....	57
4.1.3.3 Cálculo da correção e anomalia ar-livre.....	57
4.1.3.4 Cálculo da correção e anomalia Bouguer e correção do terreno.....	58
4.1.3.5 Cálculo do efeito indireto .....	64
4.1.3.6 Geração e validação dos modelos digitais.....	64
4.1.3.7 Redes neurais artificiais (RNA) - Método para coleta dos elementos amostrais de treinamento e de verificação .....	66
4.1.3.8 RNA para predição da anomalia ar-livre .....	67

<b>5 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>69</b>
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>82</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	82
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	84
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>91</b>



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DEM	Digital Elevation Model
DVB	Datum Vertical Brasileiro
EGM-96	Earth Gravitational Model 1996
GPS	Global Positioning System
IA	Inteligência Artificial
IAG	International Association of Geodesy
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAIG	Laboratório de Instrumentação Geodésica
N	Ondulação Geoidal
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NMM	Nível Médio do Mar
ON	Observatório Nacional
RN, RRNN	Referência de Nível, Referências de Nível
RNA	Rede Neural Artificial
RNAM	Rede Neural Artificial Multicamada
SAM_30s	South American Model
SGGSA	Sub-comissão de Gravidade e Geóide para Sul América
SGR	Sistema Geodésica de Referência
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TNMM	Topografia do Nível Médio do Mar
USP	Universidade de São Paulo
WGS-84	World Geodetic System 1984

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REDUÇÃO AR-LIVRE .....	14
FIGURA 2 – CORREÇÃO DE TERRENO .....	18
FIGURA 3 – PERFIL GRAVIMÉTRICO ATRAVÉS DA MONTANHA MADERA NO TEXAS	19
FIGURA 4 – ZONAS E COMPARTIMENTOS DE HAMMER .....	19
FIGURA 5 – O GRAVÍMETRO <i>SCINTREX CG-3</i> .....	25
FIGURA 6 – PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO DO GRAVÍMETRO <i>SCINTREX CG-3</i> .....	25
FIGURA 7 – NEURÔNIO BIOLÓGICO .....	35
FIGURA 8 – REDE NEURAL ARTIFICIAL (RNA) .....	38
FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS GRAVIMÉTRICOS (SGGSA-USP) E DAS RRNN (IBGE) DA REGIÃO .....	45
FIGURA 10 – ÁREA DE ESTUDOS .....	48
FIGURA 11 – PORTO DE IMBITUBA .....	50
FIGURA 12 – VISTA DA REGIÃO DE ESTUDOS .....	50
FIGURA 13 – ESTAÇÕES LEVANTADAS NA ÁREA CONTÍGUA AO PORTO DE IMBITUBA .....	52
FIGURA 14 – COLETA DE DADOS COM GRAVÍMETRO <i>SCINTREX</i> E GPS PROMARK .....	53
FIGURA 15 – ESTAÇÃO IMBI .....	54
FIGURA 16 – ESTAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE REFERÊNCIA .....	54
FIGURA 17 – PONTOS LEVANTADOS COM ALTITUDES MÍNIMAS E MÁXIMAS. ....	55
FIGURA 18 – RELEVO TOPOGRÁFICO OBTIDO A PARTIR DO MODELO DEM SRTM SAM_30s COM RESOLUÇÃO DE 30" .....	69
FIGURA 19 – INTEGRAÇÃO DOS DADOS DA ANOMALIA AR-LIVRE CALCULADA E DERIVADA DO MODELO KMS2002 ATRAVÉS DE <i>KRIGAGEM</i> .....	70
FIGURA 20 – MODELO DE ANOMALIAS BOUGUER SIMPLIFICADA .....	71
FIGURA 21 – CORREÇÃO DE TERRENO OBTIDA PELO PROGRAMA <i>TC</i> .....	71
FIGURA 22 – CORREÇÃO DO TERRENO OBTIDO PELO PROGRAMA <i>TCFOUR</i> EVIDENCIANDO-SE O PROBLEMA DE DISTORÇÃO NAS BORDAS....	72
FIGURA 23 – CORREÇÃO DO TERRENO OBTIDA COM O PROGRAMA <i>TC</i> COMPARADA COM A CORREÇÃO DE TERRENO OBTIDA COM PROGRAMA <i>TCFOUR</i> .....	73
FIGURA 24 – MODELO DIGITAL DE ANOMALIAS BOUGUER COMPLETA.....	74
FIGURA 25 – EFEITO INDIRETO DA TOPOGRAFIA .....	74
FIGURA 26 – INTEGRAÇÃO DE ANOMALIAS AR-LIVRE OBTIDAS PELA TÉCNICA DE RNAME .....	78
FIGURA 27 – COMPARAÇÃO QUALITATIVA DAS GRADES OBTIDAS PELA TÉCNICA DE RNAME E <i>KRIGAGEM</i> .....	79
FIGURA 28 – RESÍDUOS REFERENTES A DIFERENÇA ENTRE A GRADE OBTIDA PELA TÉCNICA DE RNAME E <i>KRIGAGEM</i> EM mGal .....	80

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CORREÇÃO DE BOUGUER VALORES DE B ( $\text{Gal}^{-4}$ ) .....	16
QUADRO 2 – ZONAS DE HAMMER .....	20
QUADRO 3 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO GRAVÍMETRO .....	26
QUADRO 4 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS .....	37
QUADRO 5 – CONSTANTES UTILIZADAS .....	46
QUADRO 6 – PLANILHA DE CÁLCULO DE CIRCUITO GRAVIMÉTRICO .....	56
QUADRO 7 – CÁLCULO DA CORREÇÃO E ANOMALIA AR-LIVRE .....	58
QUADRO 8 – CÁLCULO DA CORREÇÃO E ANOMALIA BOUGUER EM mGal .....	59
QUADRO 9 – VALORES RESIDUAIS ENTRE A GRADE GERADA E OS ELEMENTOS AMOSTRAIS DE VERIFICAÇÃO (mGal) .....	75
QUADRO 10 – EXPERIMENTOS REALIZADOS NO TREINAMENTO E GENERALIZAÇÃO DA RNN .....	77
QUADRO 11 – COMPARAÇÃO QUANTITATIVA DAS GRADES OBTIDAS PELA TÉCNICA DE RNA E <i>KRIGAGEM</i> – mGal .....	80

## RESUMO

A UFPR, através do CPGCG vêm trabalhando desde 1997 na região do DVB localizado em Imbituba-SC. Desde então, diferentes campanhas de levantamentos geodésicos têm sido realizadas, com o objetivo de identificar efeitos da gravidade e de movimentos da crosta terrestre na definição da origem das altitudes brasileiras, o que ajudará a entender as diferenças entre cada sistema nacional de altitudes na América do Sul. Buscando dar continuidade a essas investigações, o objetivo desta pesquisa é incorporar aos estudos já realizados, novas informações que possam contribuir com a análise do campo de gravidade na região do DVB. Para tanto, foram reunidas informações (latitude, longitude, altitude, gravidade e anomalias ar-livre e Bouguer) de 916 estações, distribuídas na região de estudos, um modelo digital de elevação referente a uma área três vezes maior que a de interesse (DEM-SRTM SAM\_30s), bem como a aquisição de bases cartográficas, do modelo de anomalias ar-livre KMS2002, além da realização de um levantamento gravimétrico da área contígua ao Porto de Imbituba. Dispondo-se desses dados, foram calculadas as correções e anomalias ar-livre e Bouguer além da correção de terreno e efeito Indireto. Visando a integração e interpolação dos dados das anomalias ar-livre sob o continente e sob os oceanos, derivado do modelo KMS2002, utilizou-se a técnica de Rede Neural Artificial (RNA), sendo realizados 18 experimentos, com diferentes arquiteturas. Com o objetivo de se avaliar a qualidade da grade RNA, comparou-se a mesma com a gerada por meio do interpolador krigagem. Após a comparação e verificada a qualidade gerou-se modelos digitais das anomalias Bouguer simplificada e completa; dos valores da correção de terreno obtida pelos programas *TC* e *TCFOUR* e, dos valores referentes ao efeito indireto do terreno, utilizando para tanto o interpolador krigagem. Por fim, todos os dados calculados neste trabalho estão organizados num arquivo digital, permitindo assim, agilidade no processo de busca e confiabilidade das informações quanto a fonte dos dados, além de poderem ser visualizados por meio dos modelos digitais gerados.

Palavras-chave: Datum Vertical, Campo da Gravidade, Levantamentos Gravimétricos, Correção de Terreno

## ABSTRACT

The CPGCG (Geodetic Science Post-graduate Course – Federal University of Parana) have been working since 1997 in the region of the Brazilian vertical Datum (DVB), located at Imbituba-SC. Since then, different campaigns of geodetic surveys have been carried, with the objective to identify effect of the gravity and movements of the terrestrial crust in the definition of the Brazilian heights origin, what it will help to understand the differences between each national system of heights in the South America. Searching to give continuity to these inquiries, the objective of this research is to incorporate the studies that have already been done and new information that can contribute with the analysis of the gravity field in the region of the DVB. For in such a way, information (latitude, longitude, height, gravity and Free-Air and Bouguer anomalies) of 916 stations, distributed in the region of studies had been organized, a digital terrain model of an area three times bigger than the study area (DEM-SRTM SAM\_30s), as well as the acquisition of cartographic bases, the model of Air-Free anomalies KMS2002 were used, and were realized a gravimetrical survey of the contiguous area to the Imbituba harbour. With these data, the corrections and Free-Air and Bouguer anomalies were calculated, furthermore the terrain correction and Indirect effect had been calculated. Aiming at the integration and interpolation of the data of the Free-Air anomalies in the continent and the oceans, derived of model KMS2002, it were used Neural Artificial Network (ANN) technique, and realized 18 experiments, with different net configuration. With the objective of evaluate the quality of grid obtained from the ANN, it were compared with the grid obtained with the kriging interpolator. After these comparison and verified the quality of the models, it had been generated digital models of simplified and complete Bouguer anomalies; of the values of the terrain correction gotten for programs *TC* and *TCFOUR* and, of the referring values to the indirect effect, using for this kriging interpolater. Finally, all the data calculated in this work were organized in a digital archive, thus allowing to speed up the search process and trustworthiness of the information, furthermore it's possible to visualize it by means of the digital models.

Key-words: Vertical Datum, Gravity Field, Gravimetrical Survey, Terrain Correction

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Desde 1997 o Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, através do grupo de pesquisas Otimização de Levantamentos Geodésicos e do projeto Conexão de Redes Geodésicas Verticais – Parte I vêm desenvolvendo uma série de observações sobre o Datum Vertical Brasileiro (DVB) e, pesquisas para identificar os principais problemas associados com a Rede Vertical (RV) brasileira e suas discrepâncias com outras RV's Sul-Americanas. Os principais objetivos desses estudos visam o estabelecimento de uma metodologia para a conexão dessas RV's e a definição de um sistema único de altitudes para o continente (FREITAS, 2002).

Em virtude destes projetos, diversas campanhas de levantamentos geodésicos foram realizadas na região do DVB, localizado no Porto de Imbituba – SC, sendo as primeiras em 1997 e em 2000, esta vinculada à Campanha Internacional SIRGAS 2000, onde se determinou a posição geocêntrica de uma estação localizada nas proximidades do marégrafo, denominada SAT-91854, também chamada IMBI (DALAZOANA, 2005).

Estas duas campanhas envolveram observações de marés gravimétricas e oceânicas, parâmetros meteorológicos e posicionamento tridimensional com GPS. Os resultados alcançados nesses estudos demonstraram que o posicionamento geocêntrico contínuo do marégrafo permite discriminar movimentos crustais e do Nível Médio do Mar (NMM). A integração desses dados pode discriminar efeitos costeiros anômalos, os quais são responsáveis pela variação do NMM. Esta variação é conhecida como Topografia do nível médio do mar (TNMM), a qual pode ser determinada por Altimetria Satelital em áreas abertas (FREITAS, 2002).

Os erros na determinação da TNMM são provenientes, na sua maioria, dos erros do modelo geoidal, assim, a estimativa está limitada pelos erros no conhecimento do campo da gravidade. Entretanto, existem possibilidades de melhoria no

desenvolvimento de modelos globais do geopotencial com os resultados das missões espaciais desenvolvidas especificamente para a determinação do campo da gravidade da Terra, como as missões *CHAMP*, *GRACE* e *GOCE*. Com estas novas missões, espera-se uma melhor modelagem dos longos comprimentos de onda, servindo como referência para a elaboração de modelos com melhor resolução (DALAZOANA, 2005). No entanto, para os menores comprimentos de onda, visando obter uma estrutura mais fina do campo da gravidade, continuam sendo necessários dados de altimetria sobre os oceanos e densificação gravimétrica nos continentes, sendo que a densificação pode ser facilitada com os desenvolvimentos da gravimetria terrestre e aérea (DALAZOANA, 2003).

Segundo FREITAS (2002), a densificação gravimétrica em torno do Datum com posicionamento geométrico dos pontos em referencial geocêntrico ao qual se tenha um modelo de geopotencial associado, tal como o EGM96 associado ao WGS-84, permite determinar as componentes anômalas locais do geopotencial. Essas informações integradas podem ser empregadas como discriminadores no transporte da TNMM de áreas abertas para a região costeira.

Em vista disso e buscando dar continuidade aos levantamentos, outras duas campanhas foram efetuadas naquela região, sendo a primeira em fevereiro de 2005 onde, dentre outros objetivos, realizaram-se investigações junto a pessoas, instituições e universidades, com o intuito de se obter informações acerca dos dados gravimétricos, altimétricos e topográficos, ocasionalmente existentes e principalmente disponíveis para a região de estudos, e a segunda em julho de 2005.

## 1.2 CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

De acordo com o exposto, infere-se que as investigações realizadas acerca do DVB, têm caráter complementar além de servirem como suporte para o desenvolvimento de outros estudos. Assim sendo, esta pesquisa está relacionada diretamente com a necessidade da realização de uma campanha para preencher a carência de dados na área de interesse, a qual foi efetivada através da segunda

campanha, em julho de 2005, onde se realizou uma densificação gravimétrica com apoio de gravímetros digitais associados com posicionamento GPS de 83 estações, pré-definidas de maneira a se obter uma cobertura homogênea da região contígua ao Porto de Imbituba, objetivando incorporar aos estudos já realizados, novas informações que possam contribuir com a análise do campo de gravidade na região do DVB.

A esses pontos foram aplicadas correções devidas ao efeito de marés e deriva instrumental e calculados os valores da gravidade real relativas à estação de referência, cuja gravidade é conhecida - definida pelo Observatório Nacional, localizada no pátio da Igreja Matriz de Imbituba. A partir desses dados foram calculados ainda correções e anomalias ar-livre e Bouguer e efeito Indireto para as estações levantadas assim como das demais obtidas por outras instituições.

A fim de se avaliar a importância da introdução da correção do terreno no cálculo da correção de Bouguer e em consequência um refinamento da anomalia Bouguer, efetuaram-se cálculos relativos ao efeito Direto do terreno, através dos programas disponíveis pela Escola do Geóide - *TC* e *TCFour*. A parcela relativa ao efeito Indireto no valor da ondulação geoidal (N), foi obtida por meio do programa *ind*, que utiliza o Segundo Método de Condensação de Helmert, procedimento que tem conduzido ao menor valor deste efeito no cálculo de N (BLITZKOW, 1996).

O modelo de elevação SAM\_30s derivado do modelo digital de elevação SRTM e apresentando resolução de 30" foi adotado para os cálculos dos efeitos Direto e Indireto do terreno por ser o modelo de maior qualidade dentre os modelos determinados por MATOS (2005), justamente com a finalidade de ser utilizado em aplicações na área de Geodésia e Geofísica.

Visando a integração e interpolação dos dados das anomalias ar-livre sob o continente e sob os oceanos, derivado do modelo KMS2002, utilizou-se a técnica de Rede Neural Artificial (RNA), sendo realizados 18 experimentos, com diferentes arquiteturas da rede. Foram realizadas análises quantitativas (diferenças/resíduos) do comportamento das anomalias interpoladas com esta técnica, utilizando para tanto, dados amostrais de verificação e as saídas interpoladas fornecidas pela RNA. Sendo



30% dos pontos utilizados para verificação da qualidade dos modelos gerados, não fazendo parte, portanto, da geração do modelo.

Com o objetivo de se avaliar a qualidade da grade RNA, comparou-se a mesma com a gerada por meio do interpolador de Krig, usualmente chamado *krigagem*, pois segundo MATOS (2005); TIERRA (2003); dentre outras literaturas, é o que melhor representa dados de terreno, em particular, dados de anomalias gravimétricas. Cabe ressaltar que o interpolador exige o conhecimento a priori dos dados de entrada e a partir deles, determina os melhores parâmetros para modelagem, já a RNA apresenta como vantagem o fato dela não precisar do conhecimento prévio desses parâmetros, ela necessita sim, de um treinamento consistente, o que significa que as amostras de treinamento devem ser representativas, isto é, devem conter todas as nuances do relevo, além disso, a rede apresenta também como vantagem a possibilidade da integração de outras variáveis de entrada (SOUZA, 2006).

Após a comparação e verificada a qualidade dos modelos, foram gerados modelos digitais das anomalias Bouguer simplificada e completa; dos valores da correção de terreno obtida pelos programas *TC* e *TCFOUR* e, dos valores referentes ao efeito indireto do terreno, utilizando para tanto o interpolador *krigagem*.

Por fim, os dados foram organizados num arquivo de maneira a promover agilidade nos processos de busca e segurança quanto à procedência dos mesmos, contendo informações referentes à: número do ponto, latitude, longitude, altitude, gravidade real e normal, correções e anomalias ar-livre e Bouguer (simplificada e completa), correção de terreno e valor do efeito indireto.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Levantar e reunir dados de maneira a contribuir com a análise do campo de gravidade na região do DVB.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) verificar e reunir informações acerca dos dados altimétricos, gravimétricos e topográficos, eventualmente existentes e, sobretudo disponíveis para a região do DVB, compreendida entre os paralelos  $-27^{\circ} 45'$  e  $-28^{\circ} 45'$  e meridianos  $-48^{\circ} 10'$  e  $-49^{\circ} 10'$ ;
- b) realizar o levantamento gravimétrico da área contígua ao Porto de Imbituba-SC, com apoio de receptores GPS e gravímetros digitais, visando preencher a insuficiência de dados nesta região;
- c) integrar os dados das anomalias ar-livre calculadas sob o continente e as anomalias sob os oceanos, derivadas do modelo KMS2002, utilizando para tanto a técnica de RNA;
- d) avaliar a importância da introdução do efeito direto obtida do DEM SRTM, no refinamento do cálculo de anomalias Bouguer;
- e) calcular o efeito indireto visando à obtenção de um modelo geoidal de alta resolução para a região do DVB;
- f) gerar modelos digitais a partir dos valores calculados para as anomalias e efeitos direto e indireto do terreno;
- g) realizar análise quantitativa (diferenças/resíduos) do comportamento das anomalias ar-livre interpoladas pela RNA e das malhas generalizadas com esta técnica, bem como das anomalias e efeitos direto e indireto do terreno interpolados pela *krigagem*, utilizando elementos amostrais de verificação;

- h) Analisar a qualidade da malha de anomalias ar-livre gerada a partir da técnica RNA, comparando-a com a grade gerada por meio do interpolador *krigagem*.
- i) organizar um arquivo de dados, que contenha todas as informações coletadas e levantadas, satisfazendo assim, a necessidade de uma fonte de dados confiável para a área de estudos.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A integração de dados oriundos da densificação gravimétrica com apoio de posicionamento GPS na região de estudo, dos dados de um modelo digital de terreno (SAM\_30s), mais dados de anomalias ar-livre sobre os oceanos (KMS2002), pode trazer melhorias na qualidade do modelo global de geopotencial ou anomalias locais do geopotencial.

Isso se faz importante tendo em vista que os erros provenientes da modelagem do campo da gravidade afetam diretamente a estimativa da Topografia do Nível Médio do Mar – TNMM, que por sua vez, reflete na conexão de diferentes redes verticais em decorrência de que cada uma apresentará valores distintos da TNMM em seu Datum, além de erros inerentes ao nivelamento até os pontos de conexão (FREITAS, 2002).

#### 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para uma melhor compreensão este trabalho está dividido em 6 capítulos. No Capítulo 2 são apresentados os aspectos conceituais fundamentais nos quais se baseia esta pesquisa. São expostos: considerações acerca do problema fundamental da Geodésia, uma síntese sobre o campo gravitacional terrestre, as correções e anomalias da gravidade, bem como a importância da gravimetria na determinação do campo de gravidade. Apresentam-se também conceitos de modelagem e representação dos fenômenos físicos aqui estudados, assim como uma introdução aos conceitos fundamentais de técnicas de Redes Neurais Artificiais. O Capítulo 3 traz uma

descrição dos dados disponíveis. No Capítulo 4 detalham-se a metodologia empregada no levantamento gravimétrico, assim como os procedimentos de cálculos da correção de terreno, anomalias gravimétricas ar-livre e Bouguer, a metodologia aplicada na geração dos modelos digitais utilizando o interpolador *krigagem*, bem como a metodologia utilizada na integração e predição de anomalias ar-livre da área de estudos, obtidas na região continental e oceânica, utilizando a técnica de RNA. No Capítulo 5 apresentam-se os resultados dos cálculos efetuados e análise dos modelos digitais gerados. Finalmente, no Capítulo 6 apresentam-se as conclusões das etapas realizadas neste trabalho bem como algumas recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O PROBLEMA FUNDAMENTAL DA GEODÉSIA

O problema fundamental da Geodésia consiste em determinar a forma e o campo de gravidade externo da Terra e de outros corpos celestes e suas variações temporais a partir de parâmetros observados sobre e exteriormente a superfície da Terra (TORGE, 1983; GEMAEL, 1999).

Determinar a forma da Terra significa definir física e geometricamente sua superfície. Como superfície física entende-se a fronteira entre as massas sólidas (continentes e fundo do oceano) e líquidas (oceanos), com a atmosfera (TORGE, 1983).

O aspecto geométrico do problema fundamental da Geodésia seria naturalmente resolvido se a Terra, como um todo, fosse um corpo homogêneo. No entanto, sua formação geológica levou a uma distribuição irregular das rochas da crosta, tornando sua superfície desigual e dificultando sobremaneira sua representação por meio de relações matemáticas simples.

Para fins práticos, torna-se necessário encontrar um modelo representativo da superfície física da Terra. Um modelo com significado físico é o geóide, cuja superfície é a equipotencial “que mais se aproxima do nível médio dos mares” (GEMAEL, 1999).

Porém, devido ao fato do geóide não ser uma superfície geometricamente definida e ao desconhecimento da lei de variação da densidade no interior do planeta, que implica em ondulações da superfície geoidal, não é conveniente usá-lo como superfície de referência para determinações de posição.

Nestas circunstâncias, a Ciência utiliza-se de soluções aproximadas, substituindo o real pelo fictício por meio de modelos. Os avanços científicos se traduzem pelo constante aprimoramento do modelo, na tentativa de cada vez mais aproximá-lo da realidade. Em muitos problemas geodésicos, a solução, com suficiente aproximação, pode ser encontrada no modelo denominado Terra Normal, definido

através de um elipsóide centrado no geocentro, tendo o eixo menor coincidente com o eixo de rotação terrestre, a mesma massa e velocidade de rotação da Terra real, além da importante injunção de a sua superfície ser equipotencial (GEMAEL, 1999).

Em se tratando do campo de gravidade terrestre, seu conhecimento é fundamental para a Geodésia. A saber (TORGE, 1983):

- a) o campo de gravidade é um sistema de referência para as principais observações realizadas em Geodésia. Este campo deve ser conhecido para reduzir estas observações a sistemas definidos geometricamente;
- b) conhecida a distribuição dos valores da gravidade na superfície da Terra, e em combinação com outras observações geodésicas, se pode determinar a forma desta superfície;
- c) a superfície de referência mais importante para as medidas de altitude, o geóide, é uma superfície oceânica idealizada, uma superfície de nível do campo da gravidade;
- d) a análise do campo de gravidade externo proporciona informações acerca da estrutura e características do interior da Terra. Ao proporcionar os parâmetros do campo de gravidade, a Geodésia se torna uma ciência auxiliar da Geofísica.

O aspecto físico do problema fundamental da Geodésia é consequência de se considerar a superfície da Terra e o geóide como superfícies limites do campo de gravidade terrestre. E, considerando-se a não rigidez do planeta, tanto a forma quanto o campo de gravidade se concebem como variáveis dependentes do tempo. Estão sujeitos, portanto, a variações temporais de natureza secular, periódica e singular, que podem ocorrer global, regional e localmente. Com o avanço das técnicas de medidas, essas variações podem ser detectadas e as observações corrigidas das mesmas. Dessa maneira, a Geodésia contribui fornecendo subsídios para a investigação da dinâmica do corpo terrestre (TORGE, 1983).

## 2.2 O CAMPO GRAVITACIONAL TERRESTRE E SUAS VARIAÇÕES

Um ponto material situado na superfície da Terra sofre a ação da força de atração gravitacional e da força centrífuga originada pela rotação do planeta, assim como da força de atração de outros corpos celestes. O conjunto de todas essas forças constitui o campo de gravidade terrestre. Porém, geralmente se consideram apenas duas forças: a de atração gravitacional e a centrífuga da Terra (MIRÓNOV, 1977).

O vetor  $g$  ou gravidade real pode ser descrito por:

$$g = \text{grad}W = \text{grad}V + \text{grad}Q, \quad (1)$$

onde  $W$  representa o geopotencial, composto pelo potencial gravitacional  $V$ , decorrente da atração das massas e o potencial centrífugo  $Q$ , proveniente da rotação da Terra:

$$W = V + Q \quad (2)$$

A direção do vetor gravidade definida pela direção do fio de prumo é a vertical e seu módulo representa a intensidade do campo da gravidade daquele ponto (HEISKANEN & MORITZ, 1985).

Tem-se a dimensão física (unidade) da aceleração, que no S.I. é o  $\text{ms}^{-2}$ , porém é usual utilizar-se o Gal, em honra a Galileo Galilei (GEMAEL, 1999). A equivalência entre os dois sistemas corresponde a:

$$1 \text{ Gal} = \text{cms}^{-2} = 10^{-2} \text{m/s}^2 \text{ ou o submúltiplo}$$

$$\text{miligal (mGal)} = 10^{-5} \text{m/s}^2$$

O valor médio de  $g$  é de aproximadamente 980 Gal. No Equador este valor é reduzido a 978 Gal e nos Pólos sofre um incremento e passa a 983 Gal. Isso reflete que o valor de  $g$  varia em função da latitude, aumentando seu valor do Equador para os

Pólos e varia também em função da altitude, uma vez que quanto mais afastado o ponto estiver do centro de massa da Terra menor será seu valor (SEIGEL, 1995).

### 2.2.1 Variação com a Latitude

O modelo de referência adotado para o estudo do campo de gravidade terrestre é o modelo matemático denominado de Terra Normal e a ela refere-se à gravidade normal  $\gamma$ .

A gravidade normal é calculada e não medida como a gravidade real, por meio da fórmula de *Somigliana*, recomendada pela IAG para cálculos numéricos, a qual se baseia no teorema de *Clairaut*, que relaciona o achatamento terrestre com a força centrífuga e a gravidade normal no Equador (HEISKANEN e MORITZ, 1985):

$$\gamma = \gamma_E \frac{1 + k \sin^2 \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}, \quad (3)$$

onde

$$k = \frac{b\gamma_P}{a\gamma_E} - 1. \quad (4)$$

Sendo:

$\gamma_E$  = gravidade normal no equador do elipsóide;

$a$  e  $b$  = semi-eixos do elipsóide adotado;

$\gamma_P$  = gravidade polar do elipsóide.

A fórmula de Somigliana pode ser ainda expandida em função do achatamento  $f$ , como segue (HEISKANEN & MORITZ, 1985):



$$\gamma = \gamma_E (1 + f^* \sin^2 \varphi - \frac{1}{4} f_4 \sin^2 2\varphi), \quad (5)$$

onde

$$f^* = f_2 + f_4; \quad (6)$$

$$f_2 = -f + \frac{5}{2}m + \frac{1}{2}f^2 - \frac{26}{7}fm + \frac{15}{4}m^2; e \quad (7)$$

$$f_4 = -\frac{1}{2}f^2 + \frac{5}{2}fm. \quad (8)$$

À proporção que novos valores da gravidade observada vão sendo coletados de maneira a abranger toda a superfície da Terra (incluindo a parte líquida) e espaço exterior, os parâmetros  $f$  (achatamento) e  $\gamma_E$  (gravidade normal no Equador) vão sendo sistematicamente corrigidos de forma a aprimorar, cada vez mais, o modelo de referência da Terra. Esse tem sido o esforço empreendido pelo IUGG para a definição do Sistema Geodésico de Referência para todas as finalidades geodésicas, geofísicas, astronômicas e hidrográficas (HEISKANEN & MORITZ, 1985).

### 2.2.2 Redução da Aceleração de Gravidade – Variação com a Altitude

Os valores da aceleração de gravidade observados na superfície física recebem, em geral, um tratamento matemático de acordo com os aspectos físicos e/ou dinâmicos que se deseja investigar (SANTOS, 1997).

Estas operações matemáticas são conhecidas como reduções ou correções gravimétricas, e têm por finalidade aplicar métodos para reduzir ao geóide os valores de gravidade observados sobre a superfície física, e desprezar as massas topográficas exteriores ao mesmo de tal maneira que o geóide se torne uma superfície limítrofe (TORGE, 1983). É o que se denomina “regularização” da Terra (BLITZKOW, 1996).

Tais considerações orientam o tipo de processamento em função da espécie de anomalia a ser analisada.

Genericamente, a anomalia de gravidade é definida como a diferença entre a gravidade real e a gravidade normal, relativas à mesma normal ao elipsóide. Assim:

$$\Delta g = g_o - \gamma_o. \quad (9)$$

Onde:

$\Delta g$  = anomalia da gravidade;

$g_o$  = gravidade real de um ponto medido sobre a superfície física e reduzida ao geóide;

$\gamma_o$  = gravidade normal do ponto correspondente, calculada sobre o elipsóide de referência.

Os métodos de redução diferem em função da forma em que as massas topográficas externas sejam tratadas. No entanto, qualquer que seja o método adotado, provocará uma mudança no potencial devido ao deslocamento implícito das massas e, em consequência, nas superfícies de nível, ou seja, no geóide. Trata-se do efeito indireto da redução da gravidade, que resulta numa superfície ora mais ora menos discrepante do geóide, o co-geóide.

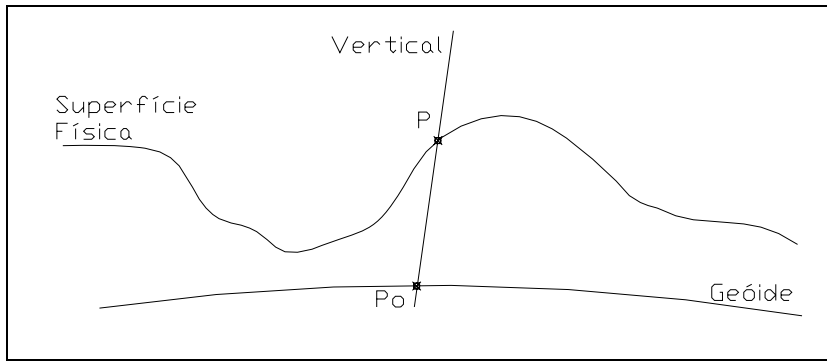
Em geral, objetiva-se adotar um método de regularização que resulte num efeito indireto mínimo, forneça anomalias com variações suaves e referidas a algum modelo com significado físico (HEISKANEN e MORITZ, 1985), e sejam apropriadas para a investigação da distribuição de massas no interior da Terra (TORGE, 1983).

#### 2.2.2.1 Correção e anomalia ar-livre

A correção ar-livre consiste em reduzir para a superfície do geóide, ao longo da vertical, o valor da gravidade de um ponto observado na superfície topográfica da

Terra, considerando o afastamento entre estas duas superfícies naquele ponto – altitude ortométrica, e o gradiente vertical real da gravidade, eliminando dessa forma o efeito das massas topográficas abaixo da estação gravimétrica (SUBIZA, 2000).

FIGURA 1 – REDUÇÃO AR-LIVRE



ADAPTADO DE GEMAEL (1999).

Para se determinar o valor da gravidade do ponto  $P_0$  no geóide (figura 1), é necessário conhecer a lei de variação desta ao longo da vertical  $PP_0$ . Contudo, esta variação não é conhecida, visto que nada se sabe a respeito da distribuição interna das massas entre  $P$  e  $P_0$ . Portanto, para efeitos práticos substitui-se o gradiente real pelo gradiente vertical normal da gravidade, onde o valor  $-0,3086 \text{ mGal}$  é frequentemente suficiente (TORGE, 1983), sendo a correção ar-livre dada por (GEMAEL, 1999):

$$C_f = -\frac{\partial g}{\partial H} H \approx -\frac{\partial g}{\partial h} H \approx 0,3086H \quad (10)$$

Onde:

$$\frac{\partial g}{\partial H} = \text{gradiente vertical real da gravidade;}$$

$H$  = altitude ortométrica (m);

$$\frac{\partial g}{\partial h} = \text{gradiente vertical normal da gravidade (mGal) .}$$

E a anomalia ar-livre por:

$$\Delta g_f = g_o + 0,3086H - \gamma_o . \quad (11)$$

A camada de massa não considerada entre P e P<sub>o</sub> aumenta o valor da gravidade em P e, conseqüentemente, também da  $\Delta g_f$ , razão pela qual esta anomalia mantém uma correlação direta com a superfície topográfica e não é representativa para uma grande área. Esta dependência pode ser calculada e eliminada mediante uma regressão linear empírica, ou por uma redução topográfica, por exemplo, através da anomalia Bouguer (TORGE, 1983).

#### 2.2.2.2 Correção e anomalia Bouguer

Segundo GEMAEL (1999), a correção de Bouguer corresponde à remoção das massas topográficas que se encontram acima do geóide. A anomalia de Bouguer é a obtida depois da aplicação da correção de Bouguer ao valor da anomalia ar-livre. A correção de Bouguer modificada pode ser escrita:

$$C_B = -A -B + C. \quad (12)$$

Sendo (TIERRA, 2003):

A = componente vertical da atração exercida pelo platô horizontal estendida até o infinito, de altitude ortométrica H e densidade média  $\rho$ . Este termo pode ser calculado através da expressão:

$$A = 2\pi G\rho H; \quad (13)$$

onde

G = Constante Universal de Gravitação;

B= correção do platô de Bouguer para a calota da mesma espessura, até uma distância de 166,735km (R), podendo ser calculado por meio do quadro 1:

QUADRO 1 – CORREÇÃO DE BOUGUER  
VALORES DE B (Gal<sup>-4</sup>)

H(m)	Platô	B
100	11,18	8
200	22,36	2,6
300	33,54	4,4
400	44,72	5,2
500	55,9	7
600	67,08	7,8
700	78,26	8,6
800	89,44	10,4
900	100,62	11,2
1000	111,8	12
1100	122,98	12,8
1200	134,16	13,6

ADAPTADO DE GEMAEL (1999).

C= correção do terreno ou efeito direto da topografia em relação à calota até uma distância de 166,735km.

E a anomalia Bouguer completa expressa por (GEMAEL, 1999):

$$\Delta g_B = g_o + C_f + C_B - \gamma_o, \quad (14)$$

Com:

$$C_f = 0,3086H$$

$$C_B = -0,1119H - B + C,$$

Resultando em:

$$\Delta g_B = g_o + 0,1967H - B + C - \gamma_o \quad (15)$$

#### 2.2.2.2.1 Correção de terreno

Segundo MATOS (2005), o efeito gravitacional das massas topográficas, localizadas acima do geóide, necessita ser considerado em várias aplicações da Geodésia física, como no cálculo das anomalias de gravidade e das ondulações do geóide.

A determinação do geóide através de dados gravimétricos envolve a solução do problema do valor do contorno da Geodésia, que pressupõe duas condições (GEMAEL, 1999):

- 1) as medidas gravimétricas deveriam ser feitas sobre a superfície geoidal; e
- 2) não devem existir massas externas ao geóide.

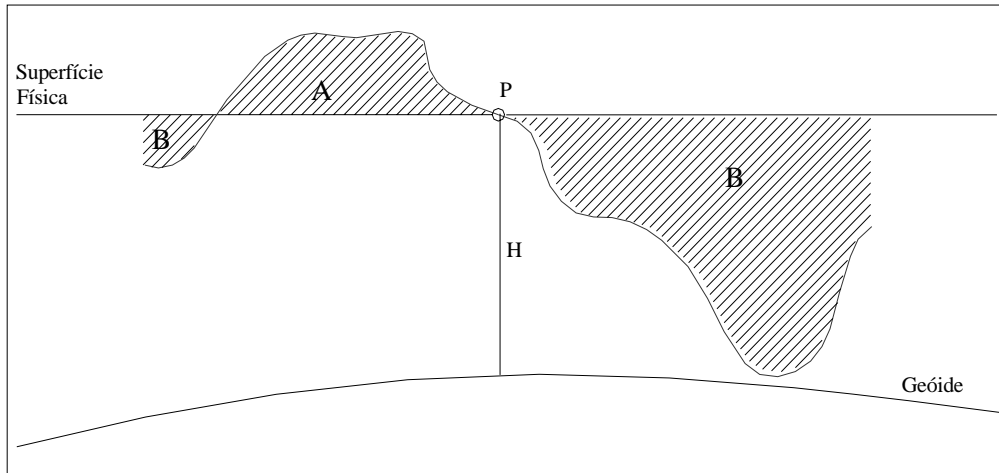
A primeira condição é atendida, fazendo uso da chamada correção ar-livre, que reduz o valor observado da gravidade ao geóide. Já a segunda condição pode ser atendida através do método de condensação de Helmert, por meio do qual as massas topográficas são removidas (platô de Bouguer) e subsequentemente recolocadas no interior do geóide considerando as massas externas com uma densidade específica (MATOS, 2005).

Segundo o mesmo autor, como o platô definido possui espessura constante e equivalente a altitude da estação P, podem ocorrer massas no entorno desse ponto que não são consideradas ou que são removidas sem que existam. Para que esse problema seja resolvido e a anomalia de Bouguer refinada, é necessária a adição de uma componente devido às massas topográficas que não foram consideradas acima da estação P (A – figura 2) e uma componente para corrigir a massa incorretamente considerada abaixo desta estação (B – figura 2).

Hayford e Bowie foram os primeiros pesquisadores a identificar a necessidade de se aplicar uma correção na atração gravitacional devido às ondulações do terreno ao redor de uma estação. Hammer (1939) modificou o sistema proposto por Hayford e Bowie, obtendo uma alta precisão para distâncias a mais de 22 km da estação. Este

método começou, a partir de então, a ser aplicado em pesquisas no campo de gravidade (MATOS, 2005).

FIGURA 2 – CORREÇÃO DE TERRENO



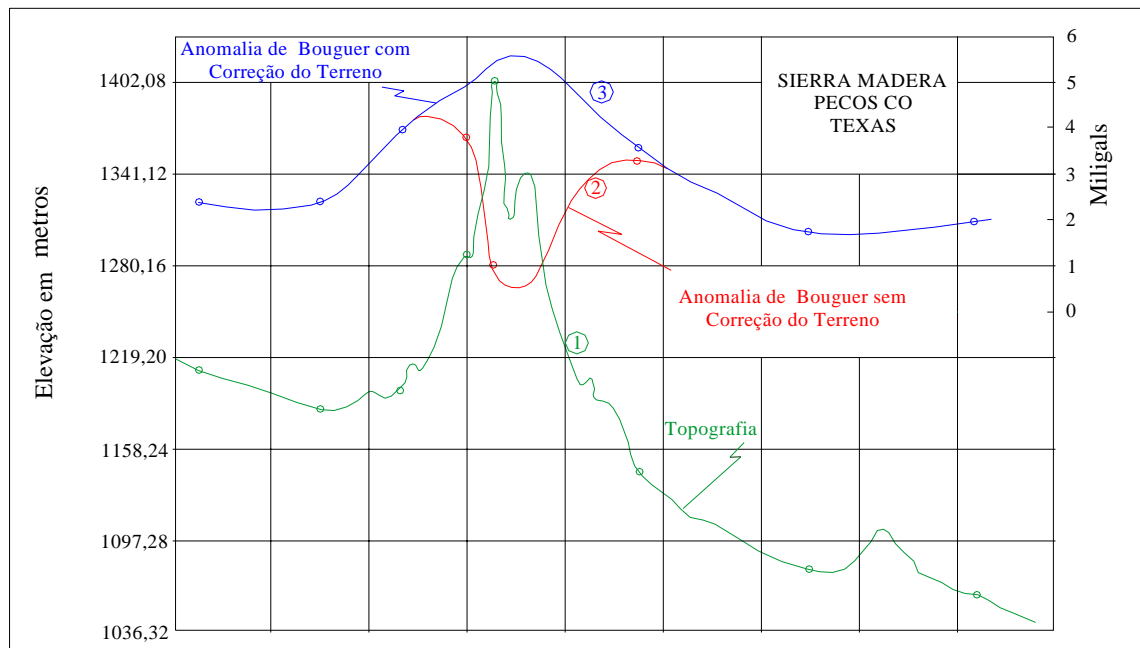
ADAPTADO DE GEMAEL (1999).

Hammer apresentou um exemplo de um perfil topográfico da montanha Madera no Texas, que possui uma estrutura geológica muito íngreme, comparando o perfil da anomalia de Bouguer com e sem a inclusão da correção de terreno (figura 3). Neste caso, que pode ser considerado extremo, a correção é de vários miligals, mostrando que a correção de terreno não pode ser negligenciada principalmente em áreas montanhosas.

O método de Hammer para a correção do terreno (MATOS, 2005), considera a divisão da área ao redor da estação em zonas e compartimentos circulares (figura 4). A diferença de altitude entre o ponto de cálculo e cada compartimento ao seu redor é estimada, possibilitando o cálculo do efeito dessas massas na estação.

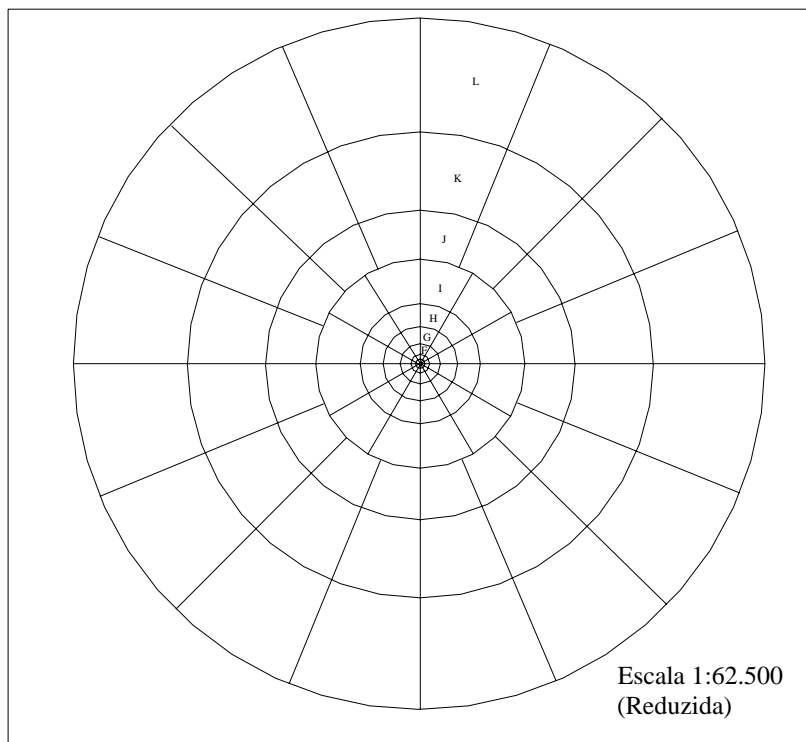
Alguns detalhes do método de Hammer podem ser vistos na figura 4 e no quadro 2, sendo  $R_1$  e  $R_2$  os raios interno e externo da zona e NC o número de compartimentos de uma dada zona. Hammer considerou a influência até a zona M, porém o quadro 2 contém zonas adicionais até  $10^\circ$  (MATOS, 2005).

FIGURA 3- PERFIL GRAVIMÉTRICO ATRAVÉS DA MONTANHA MADERA NO TEXAS



ADAPTADO DE HAMMER, (1939).

FIGURA 4 – ZONAS E COMPARTIMENTOS DE HAMMER



ADAPTADO DE HAMMER (1939).



QUADRO 2 – ZONAS DE HAMMER

Zona	R <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> (m)	NC
A	0,0	2,0	1
B	2,0	16,6	4
C	16,6	53,3	6
D	53,3	170,1	6
E	170,1	390,1	8
F	390,1	894,9	8
G	894,9	1530	12
H	1530	2615	12
I	2615	4469	12
J	4469	6653	16
K	6653	9903	16
L	9903	14742	16
M	14742	21944	16
(N)	21944	33000	20
(O)	33000	50000	20
(P)	50000	75000	20
(Q)	75000	110000	20
(R)	110000	166735	20
(S)	166735	230000	24
(T)	230000	315000	24
(U)	315000	430000	24
(V)	430000	590000	24
(W)	590000	810000	24
(X)	810000	1110000	24

ADAPTADO DE HAMMER (1939).

A fórmula clássica de correção de terreno é dado por (HEISKANEN E MORITZ, 1967):

$$c(x_p, y_p) = \frac{G\rho R^2}{2} \iint_E \frac{[h(x, y) - h(x_p, y_p)]^2}{l^3(x_p - x, y_p - y)} dx dy \quad (16)$$

Onde:

$G$  = constante universal de gravitação;

$\rho$  = densidade das massas topográficas assumida constante e igual a  $2,67\text{g/cm}^{-3}$ ;

$R$  = raio de uma esfera aproximada ao geóide global;

$(x_p, y_p)$  = coordenada do ponto de cálculo;

$(x, y)$  = coordenadas dos pontos do modelo digital de terreno;

$H$  = altitude do ponto acima do nível médio do mar;

$E$  = área de integração da superfície;

$l(x_p-x, y_p-y) = \textit{kernel}^1$  definido como uma distância entre os pontos  $(x_p, y_p)$  e  $(x, y)$ :

$$l(x_p-x, y_p-y) = [(x_p-x)^2 + (y_p-y)^2]^{1/2} \quad (17)$$

A equação (16) e o método de Hammer geram resultados idênticos. Porém, o processo para o cálculo da correção de terreno nos compartimentos para cada estação topográfica consome muito tempo e está sujeito a erro humano.

### 2.2.2.3 Efeito Indireto

A remoção ou transferência de massas que estão sujeitas as reduções gravimétricas altera o potencial gravitacional e, portanto, o geóide. Esta variação no geóide é um efeito indireto das reduções gravimétricas, originando uma superfície fictícia ligeiramente diferente do geóide, o co-geóide (HEISKANEN e MORITZ, 1985).

---

<sup>1</sup> *Kernel* pode ser considerado um tipo de filtro passa-baixa, o qual indica que as ondulações do geóide são afetadas principalmente pelas baixas e médias frequências do campo de gravidade (LI e SIDERIS, 1994).

Evidentemente, existirão tantos co-geóides quantos forem os sistemas de redução. Resta, pois, reduzir  $g$  do geóide real ao co-geóide, ou seja, ao geóide da Terra fictícia. A correção que conduz a esse objetivo denomina-se efeito indireto ( $C_{EI}$ ) ou efeito de BOWIE e é obtida multiplicando-se a distância  $n$  entre as duas superfícies pelo gradiente da gravidade (GEMAEL, 1999):

$$C_{EI} = \frac{\delta g}{\delta n} n = \frac{2g}{R} n. \quad (18)$$

$$\Delta W = W - W' = \overline{\overline{n}} \cdot \overline{\overline{g}} = n \cdot g, \quad (19)$$

$$n = \frac{\Delta W}{g}, \quad (20)$$

onde:

$\Delta W$  = variação do potencial devido a transferência de massas.

Substituindo a equação (20) na equação (18), o efeito indireto será obtido através da expressão:

$$C_{EI} = \frac{2\Delta W}{R} \quad (21)$$

### 2.2.3 Gravimetria – sua Importância nas Determinações do Campo de Gravidade

A gravimetria tem se constituído em uma das principais áreas de interface entre a Geodésia e outras ciências, tais como Geologia, Geofísica, Oceanografia e os diversos campos de atividades aplicadas, onde é fundamental o conhecimento do campo de gravidade (SANTOS JR, 2005).

A observação gravimétrica nos continentes, associada a redes mundiais, é uma injunção importante para o melhor conhecimento do geopotencial, uma vez que está diretamente associada com a distribuição de massas no planeta. Esta melhoria é fundamental para as técnicas de posicionamento global preciso, devido as suas implicações diretas para a dinâmica orbital e correta orientação de referenciais globais, entre outros aspectos (FREITAS, 2002).

Para tal, é necessário o conhecimento da gravidade com adequada distribuição global ou geográfica de estações. Enquanto nas regiões oceânicas este problema foi em grande parte resolvido de forma satisfatória pelas técnicas espaciais de altimetria e gravimetria por satélites, nas regiões continentais ele permanece condicionado à existência de redes gravimétricas de alta precisão (SANTOS JR, 2005).

#### 2.2.3.1 Levantamentos e Circuitos Gravimétricos

A determinação dos valores da força da gravidade em diferentes pontos da superfície a ser pesquisada, com o objetivo de se obter o quadro de anomalias gravimétricas, denomina-se levantamento gravimétrico (MIRÓNOV, 1977).

Em cada ponto, mede-se a variação da força da gravidade com respeito a determinado ponto da região a investigar, o qual é denominado estação de referência, com o valor da força de gravidade conhecido. Portanto, o valor da gravidade de todos os pontos do levantamento gravimétrico é obtido somando-se algebricamente a variação de gravidade ao valor do ponto de referência (MIRÓNOV, 1977).

As redes de densificação podem ser constituídas de polígonos, na qual a estação inicial é reocupada ao final do trabalho, ou de uma linha aberta que tem como pontos inicial e final estações de ordem superior (da rede estadual, nacional ou da IGSN-71).

O retorno a estação inicial ou o fechamento em uma estação de ordem superior se justifica pela necessidade da determinação da deriva instrumental (*drift*), principal inconveniente dos gravímetros.

Mudanças no comportamento do sistema elástico fazem com que as leituras executadas na mesma estação, em horas diferentes, não coincidam, mesmo quando depuradas de efeitos conhecidos, tais como a força de maré e a deriva.

Não obstante a sua natureza instrumental, a deriva é influenciada por fatores externos como variação de temperatura, trepidação durante o transporte, dentre outros.

No cálculo de um circuito gravimétrico, as duas componentes da deriva, estática e dinâmica, devem ser corrigidas separadamente. Primeiro aplica-se a correção da deriva estática quando o circuito sofrer interrupções com duração superiores a 2 horas, para posteriormente realizar a correção da deriva dinâmica em todas as estações levantadas.

#### 2.2.3.2 Gravímetro *SCINTREX CG-3*

O gravímetro *SCINTREX GC-3* (figura 5) é controlado por um microprocessador capaz de automatizar diversas tarefas. A força gravitacional atua sobre uma massa sensível a qual gera uma pequena força eletrostática. A posição da massa, que é observada pelo capacitor transdutor de deslocamento, é alterada pela mudança da gravidade. Um alimentador automático aplica uma voltagem DC na placa do capacitor produzindo uma força eletromagnética na massa, que volta à posição nula. A voltagem, isto é, a observação do valor relativo da gravidade no lugar observado é convertida num sinal digital e depois transmitida ao sistema de registro (figura 6), onde é processada finalmente (SILVA JR, 2002).

Outras características devem ser destacadas tendo em vista sua facilidade operacional. As leituras são feitas automaticamente após o equipamento estar nivelado sobre um ponto. A operação de nivelamento é assistida por sensores de alta precisão e caso o equipamento possua inclinações acima do tolerável a leitura não é aceita. O tempo de tomada de amostras de valores da gravidade é definido pelo operador, sendo a leitura final o valor médio das amostras acompanhado de seu respectivo desvio padrão. Ao final deste processo, a leitura é armazenada na memória do equipamento juntamente com outras variáveis: número da estação; desvio padrão da média; duração

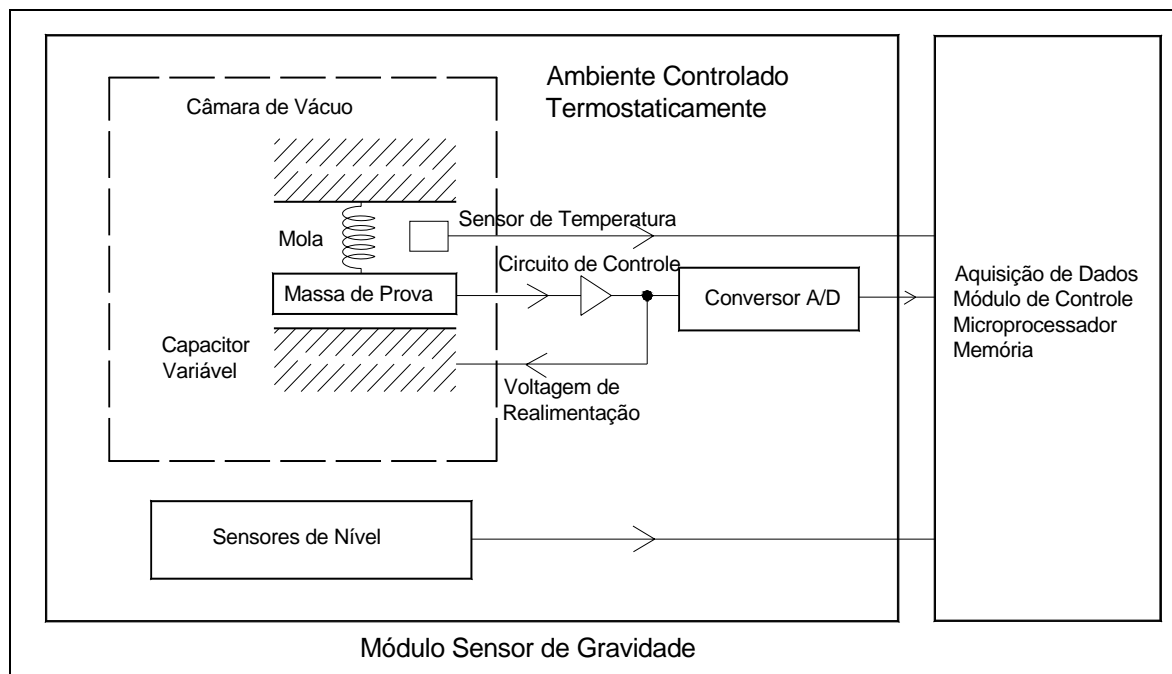
da leitura; correção devido a maré terrestre; número de amostras rejeitadas e as inclinações nos eixos X e Y .

FIGURA 5 – O GRAVÍMETRO *SCINTREX CG-3*



FONTE: AUTOR

FIGURA 6 – PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO DO GRAVÍMETRO *SCINTREX CG-3*



FONTE: SILVA JR (2002).

O gravímetro *SCINTREX CG-3* não possui uma tabela de conversão de unidade instrumental para miligal. Ao contrário dos gravímetros analógicos, suas leituras já são dadas em miligal. Um procedimento necessário neste caso é a determinação de um fator de correção da deriva instrumental. Este fator é obtido a partir da operação do equipamento no modo cíclico por um período superior a 12 horas gerando um conjunto de dados que permitem calcular um novo valor para a deriva. Outro aspecto que deve ser verificado é a compensação da temperatura de operação do equipamento e o erro de zero dos sensores de inclinação (SILVA JR, 2002).

Rigorosos testes de laboratório foram realizados pelo fabricante analisando a influência de fatores externos ao gravímetro. Os resultados mostram que a sensibilidade do gravímetro a variações de temperatura é menor que 0,001 mGal/°C, a variações de pressão de 0,03 mGal/atm e a máxima sensibilidade a variações no campo magnético não excede 0,00013 mGal/Gauss (SILVA JR, 2002).

Aos leitores interessados em maiores detalhes sobre o instrumento, recomenda-se SILVA JR (2002). O quadro 3 traz algumas especificações técnicas do equipamento.

QUADRO 3 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO GRAVÍMETRO

Resolução de leitura	0,01 mGal
Faixa de operação/atuação	7000 mGal
Deriva Instrumental - <i>Drift</i>	0,02 mGal/dia
Desvio-padrão das medidas em relação a média	10 µGal
Dimensões	240 mm x 310 mm x 320 mm
Peso	11 kg, incluindo as baterias
Intervalo entre leituras no modo cíclico	Ajustável de 4 para 99999 segundos
Memória Padrão	48K RAM – permite armazenar até 420 observações
<i>Display</i> e armazenamento de dados	número da estação; sensor de temperatura; desvio padrão da média; duração da leitura; hora do início do levantamento; correção devido a maré terrestre; número de amostras rejeitadas e as inclinações nos eixos X e Y
<i>Display LCD</i>	80 caracteres, 4 linhas
Tempo	Dia, mês, ano, horas, minutos, segundos. Um segundo de resolução.

## 2.3 REPRESENTAÇÃO E MODELAGEM MATEMÁTICA DO TERRENO

Os modelos digitais constituem-se em um eficiente banco de dados, contendo informações fundamentais para descrever e modelar a paisagem geométrica, tornando-se uma ferramenta de inquestionável importância em estudos de modelagem envolvendo superfície, sub-superfície e fenômenos próximos da superfície (CAMPOS et al., 1997).

A técnica consiste na representação digital da distribuição de um fenômeno espacial, através da geração de um modelo digital, definido por equações analíticas (modelos matemáticos) ou por uma rede de pontos (grade ou malha). Nesta, geralmente é conhecido um conjunto finito de pontos em termos de coordenadas X, Y, Z, os quais podem ser regularmente ou irregularmente espaçados, e a partir destes é interpolada toda a informação relativa a uma superfície. Depois de gerada a grade, o modelo estará pronto para manipulações, cálculos e edições sobre o mesmo, visualização, representação em tela ou plotagem, análises do modelo gerado e geração de sub-produtos (FELGUEIRAS, 2001; VEIGA, 1996; CINTRA, 1988).

O processo de geração de um modelo de grade compreende a construção de uma malha de pontos tridimensionais, onde as estruturas de dados mais comuns são as malhas regulares (matrizes de elevações, *grid* regular retangular) ou redes triangulares (*Tiangulated Irregular Network* – TIN), e a definição de funções interpolantes, as quais determinam a superfície representada. Assim, para cada elemento básico da grade, retângulo ou triângulo, defini-se uma função interpolante que é válida para a determinação das coordenadas dos pontos internos ao elemento. Esse processo é conhecido como “ajuste de superfície”. Cada função de ajuste, geralmente um polinômio, é definida utilizando-se os vértices dos elementos retangulares ou triangulares e em muitos casos os vértices dos elementos vizinhos (VEIGA, 1996; FELGUEIRAS, 2001).

Embora nesta pesquisa fez-se uso da grade retangular, cabe comentar a existência de grade triangular. Nesta, o número de redundâncias é reduzido se comparado à grade retangular, uma vez que a malha é mais densa em regiões de



grandes variações da superfície e mais espaçada em regiões quase planas. As descontinuidades da superfície podem ser modeladas através de linhas e pontos característicos. A desvantagem da grade irregular é que os procedimentos para obtenção de dados derivados, por exemplo, declividade, aspecto, entre outros, tendem a ser mais complexos e, conseqüentemente, mais demorados que os da grade retangular (INPE, 2005).

### 2.3.1 Representação – Grade Retangular

A grade retangular é um modelo digital que aproxima superfícies através de um poliedro de faces retangulares. Os vértices desses poliedros podem ser os próprios pontos amostrados caso estes tenham sido adquiridos nas mesmas posições X e Y que definem a grade desejada (FELGUEIRAS, 2001).

A grade quadrada, por ser regular e ordenada, apresenta uma série de vantagens, dentre elas destaca-se que: o armazenamento pode ser feito facilmente através de uma matriz, o cálculo e o desenho de perfis e secções transversais podem ser realizados com os valores associados a linhas e colunas, o cálculo de áreas e volumes, através das células quadradas é bastante simples e a construção de perspectivas também é facilitada (CINTRA, 1988).

Segundo SOUZA (2002), o sistema de *grid* regular não deixa de apresentar desvantagens, tais como: a grande quantidade de dados redundantes em áreas de terreno uniforme e a incapacidade para adaptar as áreas de relevos de diferente complexidade sem a mudança do tamanho do *grid*.

Quando se trabalha com grades, duas questões devem ser analisadas. A primeira diz respeito à resolução da grade, a qual dependerá do nível de generalização que irá definir a superfície e da densidade espacial das amostras. A segunda questão é com relação ao interpolador que deverá ser utilizado (INPE, 2005).

Na geração da grade regular, inicialmente são determinados os espaçamentos nas direções X e Y de forma que sejam representados os valores próximos aos pontos

da grade em regiões com grande variação de altitude ou profundidade e que, ao mesmo tempo, reduzam redundâncias em regiões quase planas (SOUZA, 2006).

O espaçamento da grade, ou seja, a resolução em X e Y deve ser suficientemente pequena para se obter o detalhamento exigido, mas não tão grande que dificulte análises posteriores (MATOS, 2005) e, idealmente, maior ou igual à menor distância entre duas amostras com cotas diferentes (INPE, 2005).

Ao se gerar uma grade com distância entre os pontos muito pequena, existirá um maior número de informações sobre a superfície analisada necessitando maior tempo computacional para sua geração. Ao contrário, considerando grandes distâncias entre os pontos, será criada uma grade que pode acarretar perda de informação. Portanto, para a definição sobre a resolução final da grade deve haver um compromisso entre a densidade espacial desses dados (amostras) e o tempo de geração da grade (SOUZA, 2006).

Uma vez definida a resolução e, conseqüentemente, as coordenadas de cada ponto da grade, pode-se aplicar um dos métodos de interpolação para calcular o valor aproximado da elevação ou da profundidade de cada ponto da grade.

### 2.3.2 Interpoladores

Para que se possam estimar valores onde não existem dados são utilizados modelos matemáticos de interpolação. Por meio da interpolação podem-se calcular elevações, gerar grades regulares a partir de dados coletados de forma irregular e densificar grades retangulares (BURROGH, 1986). Segundo SOUZA (2006), vale salientar que uma função de interpolação estará sempre sujeita a diversas variáveis, tais como: distribuição e densidade dos pontos coletados, precisão obtida na determinação dos dados e também o tipo de terreno a ser modelado.

Interpolares, portanto, significa prever, a partir de um conjunto de observações, o comportamento de uma grandeza ou variável. Alguns critérios para avaliar os métodos de interpolação são sugeridos por PETTINATI (1983):

- a) precisão do interpolador: refere-se à fidelidade com a qual o mesmo consegue modelar a superfície. O modelo da superfície pode ser definido por um interpolador que é expresso matematicamente como, por exemplo, uma função  $Z = f(x,y)$ ;
- b) aspecto visual: visualmente percebe-se o comportamento da superfície através das representações em perspectiva ou isolinhas;
- c) sensibilidade do interpolador: o mais usual consiste em utilizar um mesmo conjunto de coordenadas, variando os parâmetros do interpolador.

De acordo com PETTINATI (1983), as funções de interpolação são classificadas como globais e locais. O método global considera que a vizinhança seja ilimitada, ou seja, que todos os pontos exerçam sua influência na definição da superfície. Desta forma, a inserção ou retirada de qualquer ponto é propagada por todo o modelo. Para uma grande quantidade de amostras, definir uma função polinomial que represente satisfatoriamente todas as variações espaciais do terreno é difícil. Para relevos com grandes variações estes interpoladores não são recomendados (INPE, 2005).

O método local considera a existência de uma vizinhança restrita, ou seja, apenas os pontos dentro de uma dada região influenciarão no resultado. A seleção pode ser feita utilizando-se o conceito de área, isto é, onde os pontos que se inserem dentro de um círculo de raio pré-determinado são utilizados para interpolação. Pode-se também determinar o número mínimo de vizinhos mais próximos (SOUZA, 2006). Os interpoladores locais fornecem melhores resultados para relevos com grandes variações, uma vez que as variações locais podem ser mais bem modeladas (INPE, 2005).

Em face de tais considerações, os interpoladores usados nesta pesquisa são:

- *Krigagem*: por ser o método mais apropriado para a interpolação de dados de terreno (MATOS, 2005) e, em forma particular na interpolação de anomalias gravimétricas, fornecendo bons resultados especialmente em regiões com boa distribuição de observações gravimétricas (TIERRA, 2003);

- Superfície de mínima curvatura (*Spline*): método utilizado pelos programas *TC* e *TCFour* para o cálculo da correção de terreno.

#### 2.3.2.1 *Krigagem*

O objetivo da interpolação geoestatística, também conhecido como *krigagem*, é criar uma superfície que minimize o erro dos valores avaliados e do modelo estatístico da superfície. *Krigagem* é talvez o mais notável método de interpolação (MATOS, 2005).

A geoestatística é um ramo da estatística que lida com problemas associados ao espaço. Embora tradicionalmente desenvolvida na área da geologia, particularmente em problemas relacionados com a estimativa das mudanças de concentração de minerais em minas, a teoria da geoestatística tem sido aplicada com sucesso em outras áreas da ciência.

Este estimador abrange um conjunto de métodos de estimação, sendo o mais usual a *krigagem* normal, a qual assume que as médias locais não sejam necessariamente próximas da média da população. Neste caso, a estimativa é realizada utilizando apenas os pontos vizinhos. É o método mais apropriado para a interpolação de dados de terreno (MAUNE<sup>2</sup> citado em MATOS, 2005).

A diferença entre a *krigagem* e outros métodos de interpolação está na maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. No caso de interpolação linear simples, por exemplo, os pesos são todos iguais a  $1/N$  ( $N$  é o número de amostras); na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos segundo esta alternativa através da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na *krigagem*, o procedimento é semelhante ao da interpolação por média ponderada, exceto que aqui os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental. Além disso, a *krigagem* fornece em média,

---

<sup>2</sup> MAUNE, D. F. Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual. [S.I]: ASPRS (The Imaging & Geospatial Information Society), 2001.

estimativas não tendenciosas e com variância mínima. A *krigagem* pode ser estudada em detalhes no livro de SOAREST<sup>3</sup>, citado por MATOS (2005).

#### 2.3.2.2 Superfície de mínima curvatura (*Spline*)

*Splines* são técnicas de interpolação que usam polinômios para criar uma superfície que minimize a curvatura da mesma, resultando numa superfície suavizada que passa através dos pontos da amostra. Trata-se de um método muito útil para criar modelos de elevação em áreas com leve variação do terreno e suaves transições. Mas não é apropriado para mudanças bruscas em pequenas distâncias; nestas situações este tipo de interpolação tende a exagerar o valor dos pontos interpolados nas áreas de variações bruscas (MATOS, 2005).

Superfícies *Splines*, por causa de sua característica de suavização, são frequentemente usadas com o objetivo final de criar curvas de nível com qualidade cartográfica. Este interpolador não somente pode ser usado para gerar modelos digitais em malha regular, mas também para melhorar a resolução da mesma. Este trabalho é bastante simplificado pelo fato de existir um relacionamento topológico preestabelecido entre as amostras. Quando a malha derivada é mais densa do que a malha original diz-se que houve um refinamento. Neste caso são usados os interpoladores *splines* bilinear e bicúbico (MATOS, 2005).

### 2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL – REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Define-se Inteligência Artificial (IA) como um conjunto de técnicas de programação que busca resolver problemas de informática, utilizando algoritmos e ferramentas matemáticas, em um sistema computadorizado, o qual simula habilidades cognitivas do homem (HAYKIN, 2001).

---

<sup>3</sup> SOARES, A. Geoestatística para as ciências da Terra e do ambiente. Portugal: Instituto Superior Técnico, 2000.

Um sistema de IA deve ser capaz de armazenar conhecimento e aplicá-lo ao conhecimento armazenado para resolver problemas e adquirir novo conhecimento através da experiência. Desta forma, esse sistema possui três componentes fundamentais: representação, raciocínio e aprendizado. Estes sistemas foram concebidos, e têm sido amplamente usados, para solucionar problemas complexos onde, muitas vezes, os algoritmos e técnicas tradicionais são insuficientes ou inadequados (HAYKIN, 2001).

A Rede Neural Artificial (RNA) é uma linha de pesquisa da IA, dentro do conceito de connexionismo, que visa investigar a possibilidade de simulação de comportamentos inteligentes através de modelos baseados no cérebro humano. É composta por unidades de processamento, operando em paralelo, inspiradas no sistema biológico dos neurônios (SOUZA, 2006).

Uma RNA consiste de um grande número de unidades de processamentos e de elementos chamados neurônios, unidades, células ou nodos. Cada neurônio é conectado a outro por meio de ligações, cada uma associada a pesos numéricos (SOUZA, 2006).

Segundo REZENDE (2003) uma RNA é um modelo matemático que se assemelha às estruturas neurais biológicas e que tem capacidade computacional adquirida por meio de um aprendizado e de uma generalização. O aprendizado é atingido não pelas modificações dos neurônios mas pelas modificações dos pesos das interconexões. O aprendizado numa rede consiste em realizar mudanças sistemáticas a esses pesos a fim de levar os níveis de resposta da rede a valores aceitáveis. Logo, o conjunto de pesos das conexões pode ser visto como um sistema dinâmico, já que eles se adaptam para codificar o conhecimento que se deseja aprender. A generalização de uma RNA está ligada à capacidade de dar respostas coerentes para dados não apresentados a ela previamente na etapa de treinamento.

Com base no exposto, uma RNA consiste em uma abordagem da IA, para soluções de problemas que têm por referência o modelo conhecido e aceito de inteligência: o cérebro humano (SOUZA, 2006).

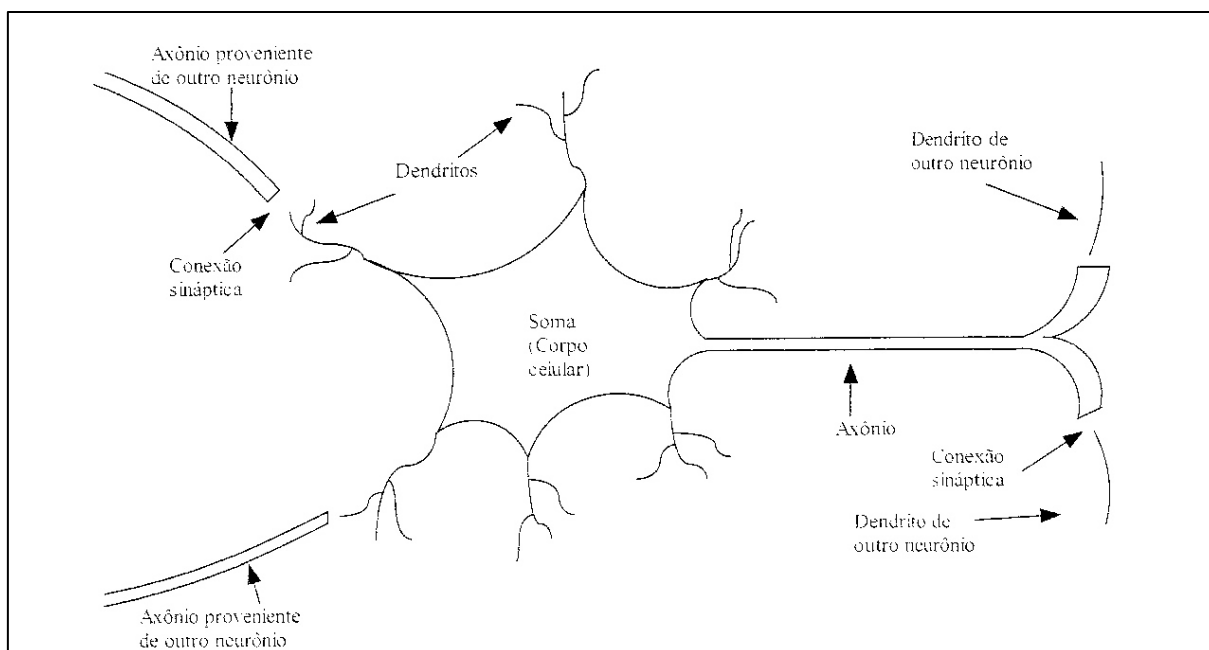
### 2.4.1 Características de uma Rede Neural Biológica

O cérebro humano é um sistema muito rápido de processamento de informações complexas, não lineares e em paralelo (reconhece padrões, possui percepção e controle motor). A maneira e a capacidade que o cérebro tem em manipular e construir imagens mentais, por exemplo, de pessoas, lugares e eventos baseados em algumas informações, como sons, odores, lembranças de uma data ou algo que seja familiar, através da organização estrutural de seus neurônios, é muito precisa e rápida. Diz-se que essa organização é uma espécie de rede, a qual estimula pesquisadores a tentar imitar o cérebro humano (HAYKIN, 2001).

O neurônio biológico (figura 7) é composto de (SOUZA, 2006):

- a) Soma (corpo celular ou núcleo): combina os sinais recebidos, possui membrana que gera impulsos nervosos (elétricos), que podem ser excitatórios ou inibitórios e é o centro dos processos metabólicos de onde se projetam os dendritos e o axônio;
- b) Dendritos: tem como função receber informações ou impulsos do meio exterior e enviá-los ao corpo celular (dispositivos de entrada);
- c) Axônio: recebe os impulsos e os envia a outros dendritos do neurônio seguinte (dispositivo de saída);
- d) Sinapses (conexão sináptica): esta conexão efetua ou não a interligação entre a saída de um neurônio e a entrada do próximo neurônio. São válvulas com capacidade de controlar a transmissão dos impulsos que a elas chegam (permitem a propagação dos impulsos nervosos de uma célula para outra, por intermédio de um processo bioquímico). A sinapse pode ser inibitória ou excitatória, em função do tipo de neurotransmissor.

FIGURA 7 – NEURÔNIO BIOLÓGICO



FONTE: WANDRESEN (2004).

#### 2.4.2 Características de uma Rede Neural Artificial e Comparação com a Biológica

Dentro do conexionismo (máquinas conexionistas) destacam-se as RNA, as quais têm se dedicado a estudar o cérebro e seu funcionamento. Existem vários modelos conexionistas dentre eles, pode-se citar: os Perceptrons - proposto por ROSENBLATT em 1958, primeiro modelo de RNA envolvendo o conceito de aprendizado; os Perceptrons de multicamadas - proposto por WERBOS em 1974; a Rede de Kohonen - proposta por KOHONEN na década de 80 e a Rede de Hopfield - proposta por HOPFIELD em 1982 (SOUZA, 2006).

Uma RNA é um sistema de processamento de informações que apresenta certas características em comum com uma rede neural biológica. As RNA são desenvolvidas como generalização de modelos matemáticos de neurônios biológicos com base no seguinte (SOUZA, 2006):

- a) o processamento das informações ocorre por intermédio de neurônios;
- b) os sinais são passados entre os neurônios por meio de conexões;
- c) cada conexão tem um peso associado;



- d) para determinar o sinal de saída, cada neurônio aplica na função de ativação à soma dos pesos dos sinais de entrada.

Assim sendo, as RNA baseiam-se na simulação dos neurônios biológicos, formados pelos dendritos, o corpo celular e o axônio que, junto com outros neurônios podem fazer muitas combinações, formando vários tipos de topologias (SOUZA, 2006).

#### 2.4.3 Considerações sobre a RNA

As RNA devem a sua capacidade de processamento da informação à sua estrutura maciçamente distribuída de forma paralela e à sua habilidade de aprender e, portanto, generalizar. A generalização se refere ao fato da rede neural produzir saídas adequadas para entradas que não estavam presentes durante o treinamento (aprendizagem). Algumas das características relevantes principais e as qualidades das RNA tornam atraente sua aplicação, principalmente no estudo de interesse, para a predição de anomalias gravimétricas. Essas características são (TIERRA, 2003):

- a) Habilidade de tratar sistemas não lineares: um neurônio artificial pode ser linear ou não-linear. Uma RNA, constituída por conexões de neurônios não-lineares é ela mesma não-linear. Além disso, a não-linearidade é de um tipo especial, no sentido de ela ser distribuída por toda a rede. Esta característica é relevante nas aplicações em identificação de sistemas dinâmicos, classificação de padrões, aproximador funcional;
- b) Tolerância a falhas: o conhecimento é distribuído pela RNA em uma simples localização de memória. Uma parte das conexões pode estar inoperante, sem mudanças significativas no desempenho de toda a RNA;
- c) Adaptabilidade: as RNA têm uma capacidade inata de adaptar seus pesos sinápticos a modificações do meio externo, ou seja, podem ser facilmente retreinadas para lidar com pequenas modificações nas condições operativas do meio externo;

- d)Aprendizagem: uma RNA pode modificar seu comportamento em resposta ao meio externo. Quando é apresentado um conjunto de entradas, as RNA se ajustam para gerar as respostas apropriadas;
- e)Generalização: consiste no mapeamento de entradas similares em saídas similares;
- f) Resposta a Evidências: no contexto de aprendizagem supervisionada (para aproximação funcional e classificação), uma RNA pode, além de estimar a saída desejada, dar uma medida de confiabilidade de estimação.

O quadro 4 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens das RNA.

QUADRO 4 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Adaptação não linear dos componentes.	Problemas com formas não representativas e não esperadas na classificação supervisionada.
Relativa tolerância na perda de dados e ruídos.	Requer grande capacidade de memória computacional para algumas redes.
Acomodação de dados nominais e contínuos.	A rede e algoritmo de treinamento requerem pesquisa atual em função do assunto.
O algoritmo de aprendizado não necessita ser programada a priori na rede.	Problemas com mínimo local no treinamento.
A distribuição dos dados de entrada não respeita a suposição estatística.	Obscura em explanação de modelos e processos de predição.
Potencial de processamento em paralelo.	O usuário deve indicar as entradas relevantes e assim, a rede prioriza as feições significantes.
Uma vez treinado o classificador, este é eficiente computacionalmente.	
Capacidade de utilizar pequeno conjunto de treinamento em relação aos classificadores convencionais.	
Habilidade para executar mudanças nos dados.	

FONTE: RIBEIRO (2003).

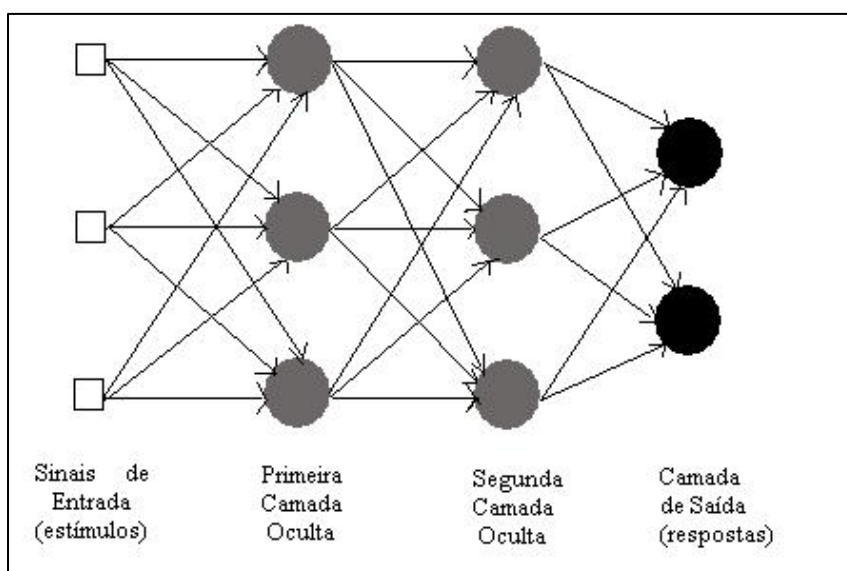
#### 2.4.4 Arquitetura de uma Rede Neural Artificial

Uma das maiores dificuldades no uso das RNA é a escolha da melhor arquitetura, pois este processo é experimental e por isso, demanda tempo de execução. Na prática o processo deve ser aplicado com o intuito de testar os vários métodos de

aprendizado e as diferentes configurações que uma rede possa ter para a resolução do problema em questão (SOUZA, 2006).

Uma RNA é composta por vários neurônios distribuídos em camadas. A primeira é chamada de camada de entrada e tem a função de armazenar os dados de entrada na rede. As camadas intermediárias, denominadas de camadas escondidas ou ocultas, onde ocorrem os processamentos da rede. A última camada é definida como de saída, que recebe os valores já processados pela rede (figura 8). A quantidade de neurônios por camadas e o número de camadas por rede é chamada de arquitetura da RNA (SOUZA, 2006).

FIGURA 8 – REDE NEURAL ARTIFICIAL (RNA)



ADAPTADO DE TIERRA (2003).

Os neurônios localizados nas camadas ocultas desempenham um papel importante durante o treinamento, porque agem como detectores de características. Conforme o processo de aprendizagem avança, os neurônios ocultos começam gradualmente a “descobrir” as características salientes que se referem os elementos amostrais de treinamento. Eles fazem isso realizando uma transformação não-linear dos dados de entrada para um novo espaço chamado de espaço oculto, ou espaço de características. Neste novo espaço, as variáveis de interesse podem ser mais facilmente detectadas e separadas entre si do que no espaço original de entrada (HAYKIN, 2001).

O número de nós (neurônios) da camada oculta é definido levando-se em consideração o funcionamento da rede, isto é, os neurônios da camada intermediária executam a separabilidade do espaço das variáveis. Não existe uma regra geral que defina o número de camadas escondidas, esse número pode variar de 0 até  $n$  camadas (TAFNER et al., 1996). Alguns autores citam a regra de HILTON para definir o número de nós que as camadas intermediárias da rede devem ter. Essa regra afirma que o número de nós da segunda camada oculta não deve exceder a um terço ( $1/3$ ) do valor da primeira camada oculta.

#### 2.4.4.1 Rede neural multicamadas

A RNA multicamada (RNAM) é a estrutura de RNA desenvolvida na década de 80 e tem sido aplicada com sucesso para resolver diversos problemas, através do seu treinamento de forma supervisionada (o que significa que se deve dispor de dados de entrada que servirão para o treinamento e de dados de saída que servirão para ir ajustando os pesos) com um algoritmo conhecido como Retropropagação (*Back-propagation*), que consiste em encontrar os pesos que resolvam o problema com desempenho aceitável (TIERRA, 2003).

A RNAM é uma estrutura organizada em camadas e constituída por um conjunto de neurônios totalmente interconectados. Os neurônios de uma camada admitem como entradas as saídas dos neurônios da camada anterior, mas não admitem interconexões entre os neurônios da mesma camada. A estrutura de uma RNAM têm “alimentação progressiva para diante” (*feedforward*), não tendo conexões sobre si mesma, seja direta ou indiretamente. Isso significa que um neurônio em qualquer camada da rede está conectado a todos os neurônios da camada anterior. O fluxo de sinal através da rede progride para frente de camada em camada, partindo da primeira camada, conectando-se com os neurônios da camada seguinte, até chegar a camada de saída (TIERRA, 2003).

Segundo o mesmo autor, a RNAM é constituída por 3 tipos de camadas (figura 8):

1. A camada de entrada: formada por  $n$  unidades (sendo  $n$  o número de entradas externas), tendo como única função a distribuição dos sinais externos para a próxima camada. Não tem nenhuma funcionalidade matemática;
2. A camada oculta: é formada pelos elementos de processamento (EP) e não tem contato com o exterior. O número de camadas ocultas é variável;
3. A camada de saída: formada por  $m$  EP (sendo  $m$  o número de saídas externas), cujas saídas constituem os vetores de saída da RNAM. Somente existe uma camada de saída para cada RNAM.

#### 2.4.5 Treinamento Supervisionado e Não Supervisionado de uma RNA

O aprendizado de uma RNA é realizado por meio de processos iterativos de ajustes aplicados aos pesos, o chamado treinamento. O aprendizado só ocorre quando a RNA atinge uma solução generalizada para um determinado problema (SOUZA, 2006).

Segundo RIBEIRO (2003), treinar uma rede significa ajustar a sua matriz de pesos de forma que o vetor de saída coincida com um certo valor desejado para cada vetor de entrada. O treinamento de uma rede pode se dar pelos métodos: supervisionado ou não supervisionado, sendo que o primeiro exige pares de entrada e de saída para o treinamento e o segundo somente o vetor de entrada.

No treinamento supervisionado, tanto vetores de entrada quanto de saída são fornecidos à rede. Desta forma, no treinamento é possível aplicar o vetor de entrada e a saída da rede é calculada. A saída obtida é comparada com um vetor de saída desejado (o qual foi inicialmente apresentado à rede) e um erro é calculado a partir dessa diferença. Os pesos atribuídos para cada entrada são atualizados conforme o algoritmo usado, para que este erro seja minimizado. Este processo é repetido para o conjunto amostral de treinamento até que o erro alcance um limite ou limiar (critério de parada ou tolerância) desejado e estipulado previamente (SOUZA, 2006).

Citando o mesmo autor, no treinamento não supervisionado, os vetores de saídas não são apresentados para rede. Desta forma, o treinamento não pode comparar as saídas estimadas com a saída desejada, a fim de determinar a resposta mais próxima da ideal. Não se tem como determinar, antes do treinamento, qual o valor que será gerado na saída da rede para um vetor de entrada. O processo de treinamento extrai propriedades estatísticas do conjunto amostral de treinamento e agrupa os vetores similares em classes. A saída é obtida, quando se aplica um vetor de uma determinada classe à entrada da rede a qual produzirá um vetor de saída específico.

#### 2.4.6 Generalização de uma Rede Neural Artificial

Após o treinamento da RNA, espera-se que a rede projetada seja capaz de generalizar. Diz-se que uma rede generaliza bem quando o mapeamento de entrada-saída computado pela rede for correto (ou aproximadamente correto) para o conjunto amostral não utilizado no processo de treinamento da rede. O processo de aprendizagem pode ser visto como um problema de “ajuste de curva”. A própria rede pode ser considerada como um mapeamento não-linear de entrada-saída. Esse ponto de vista permite considerar a generalização de uma RNA como sendo o efeito de uma boa interpolação não-linear sobre os dados de entrada (HAYKIN, 2001). A rede realiza boa interpolação não-linear fundamentalmente porque redes multicamadas com funções de ativação contínuas produzem funções de saída que também são contínuas (SOUZA, 2006).

Uma RNA se for bem projetada para generalizar, produzirá um mapeamento de entrada-saída correto, mesmo quando a entrada for um pouco diferente dos exemplos usados para treinar a rede. Mas se uma RNA aprende um número excessivo de exemplos de entrada-saída, ela pode acabar memorizando os dados de treinamento. Ela pode fazer isso encontrando uma característica (devido ao “ruído”, por exemplo) que está presente nos elementos amostrais de treinamento, mas não na função subjacente que deve ser modelada. Este fenômeno é conhecido como excesso de ajuste

ou excesso de treinamento e, quando treinada em excesso, ela perde a habilidade de generalizar entre padrões de entrada-saída similares (HAYKIN, 2001).

### **3 DESCRIÇÃO DOS DADOS DISPONÍVEIS NA ÁREA DE ESTUDOS**

Com o objetivo de reunir dados de interesse para o planejamento e elaboração deste trabalho, realizou-se uma investigação junto a pessoas, universidades e instituições que eventualmente detivessem tais informações e, principalmente, pudessem disponibilizá-las.

Neste capítulo será apresentado, portanto, o resultado dessa busca, bem como algumas considerações acerca dos sistemas de referências em que os diferentes dados estão baseados, as resoluções dos mesmos e a área de abrangência de cada um deles, além das principais constantes e valores utilizados nesta pesquisa.

#### **3.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS DADOS**

##### **3.1.1 Dados Gravimétricos**

A Subcomissão da Gravidade e do Geóide para América do Sul – SGGSA possui uma base de dados com mais de dois milhões de informações gravimétricas (BLITZKOW, 1996), oriundas de diversos países sul-americanos e organizações internacionais. Estas informações, disponíveis no servidor da USP, foram compiladas e reduzidas ao sistema gravimétrico IGSN-71 com anomalias referidas ao sistema geodésico WGS-84 (SUBIZA, 2000), e contêm para cada estação: nº do ponto, latitude, longitude, altitude ortométrica, gravidade real, anomalia ar-livre e Bouguer.

Desta base foi extraído pelo Professor Dr. Denizar Blitzkow e cedido para uso neste trabalho um arquivo contendo dados de 916 estações gravimétricas (figura 9), compreendidas entre os paralelos -27° e -29° e os meridianos -48° e -50°.

Estas informações passaram por um processo de filtragem, que consistiu na eliminação de observações duplicadas e outras aparentemente eivadas de erros grosseiros, tanto em altitude e gravidade observadas, quanto em valores de anomalias calculadas. Com isso, aproximadamente 11% dos dados foram rejeitados, restando 815 dados válidos.



Outra fonte de dados é o modelo global de anomalias ar-livre em áreas oceânicas derivadas da altimetria por radar a bordo de satélites (missões ERS-1 e GEOSAT), compreendido entre as latitudes 82° N e 82° S, denominado KMS2002.

Este modelo está disponível no endereço eletrônico <<http://spacecenter.dk/data/gravity/download.html>>, sob a forma de uma grade regular com resolução de 2', nos formatos ASCII e binário, sendo as anomalias fornecidas em mGal (ANDERSEN & KNUDSEN, 1998).

No cabeçalho destes arquivos estão descritos os limites da área (latitudes mínima e máxima, longitudes mínima e máxima) e a resolução da grade (espaçamento para latitude e longitude) do modelo. Ainda neste endereço, encontram-se programas fontes para a conversão de arquivos (*gbin.f*) e extração de sub-grades (*geoip.f*), em linguagem *Fortran*, os quais devem ser compilados para obtenção do programa executável.

O *download* do modelo foi feito no formato *ASCII* e depois convertido para o formato binário com o auxílio do programa *gbin.exe*. Isso se mostra importante, em virtude de se evitar erros provenientes de leitura do arquivo no formato binário pelo computador.

A extração da grade delimitada para a área de estudos foi realizada através do programa *geoip.exe*, e corresponde às anomalias ar-livre para a região compreendida entre as latitudes -29,750° e -26,750° e longitudes 309,425° e 312,425°, com resolução tanto em latitude quanto em longitude de 0,033°.

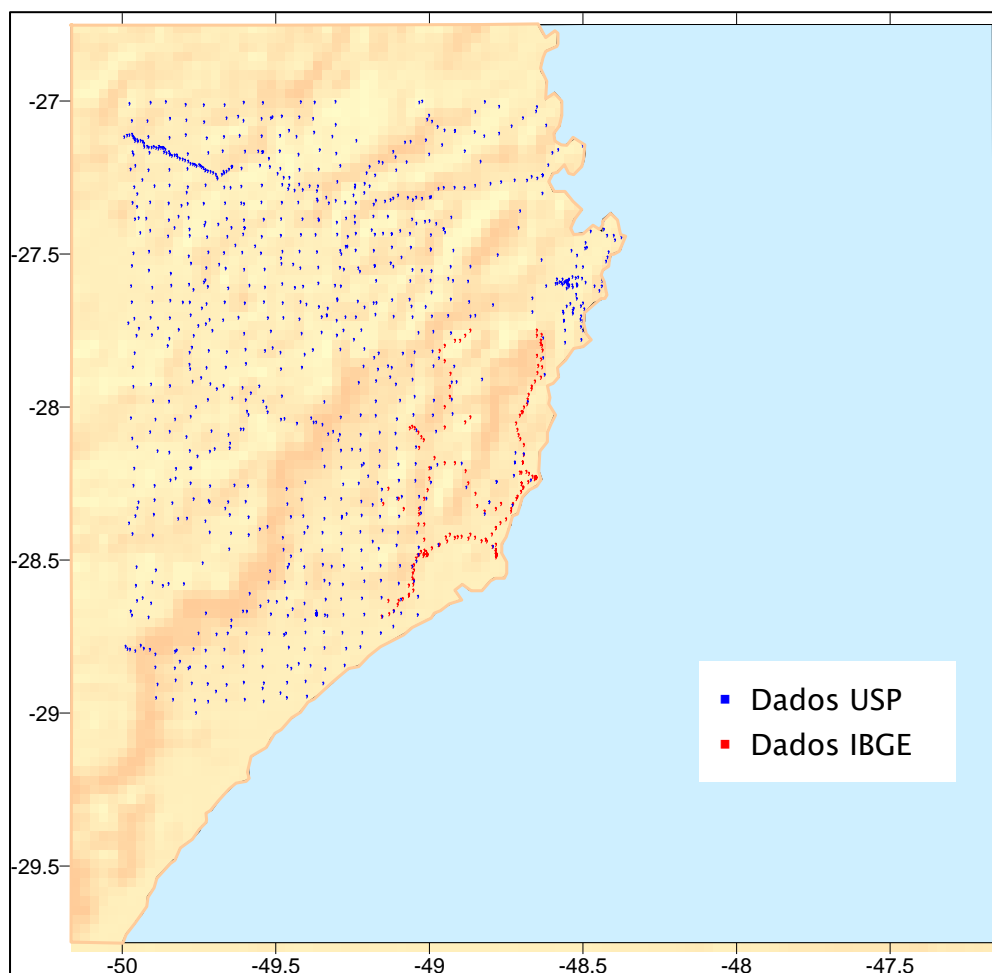
### 3.1.2 Dados Topográficos

Através do Banco de Dados Geodésicos do IBGE, levantaram-se todas as RRNN presentes na região de estudo, tendo sido encontradas 160 RRNN, sendo que deste total, 51 tinham a informação de situação do marco como destruído ou não encontrado (figura 9).

As bases cartográficas que compõem a área foram adquiridas da mesma instituição e foram essenciais ao pré-planejamento da pesquisa. A partir delas pode-se

ter uma visão geral da área a ser estudada, permitindo dessa maneira definir melhores estratégias para os levantamentos de dados em campo.

FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS GRAVIMETRICOS (SGGSA-USP) E DAS RRNN (IBGE) DA REGIÃO



O modelo de elevação adotado é o DEM SRTM SAM\_30s, sendo o modelo de maior qualidade dentre os modelos determinados por MATOS (2005), justamente com a finalidade de ser utilizado em aplicações na área de Geodésia e geofísica, e, segundo TIERRA (2003), indicado para o cálculo da correção de terreno. O modelo de elevação fornece um refinamento à modelagem da superfície do geóide porque leva em consideração o efeito das massas topográficas, as quais não são representadas pelos modelos de longos e médios comprimentos de onda.

O modelo compreende a área delimitada pelos paralelos  $-26^{\circ} 45'$  e  $-29^{\circ}45'$  e os meridianos  $-47^{\circ}10'$  e  $-50^{\circ}10'$  (figura 9), possuindo as seguintes características (MATOS, 2005):

- a) o sistema de referência planimétrico adotado é o WGS-84;
- b) as altitudes verticais representam a altitude em metros acima do Nível Médio do Mar (NMM);
- c) baseado no modelo de elevação de terreno *Shuttle Radar Topography Mission* – DEM SRTM, executado e distribuído pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, com resolução espacial de 3";
- d) possui espaçamento da malha ampliado de 3" para 30";
- e) nos pontos da região continental e oceânica onde o DEM SRTM não apresentou informações foi utilizado o modelo DTM2002 (modelo disponibilizado pela *Raytheon ITSS Corporation*);
- f) os dados deste modelo foram validados por meio da comparação com as RRNN pertencentes a Rede Fundamental Altimétrica Brasileira, determinada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE;
- g) a análise das diferenças das altitudes do modelo, interpoladas para os pontos das RRNN, e aquelas advindas do nivelamento permitiu constatar que em 85% dos casos, são iguais ou inferiores a 20m. Sendo este resultado muito superior aos outros modelos globais, utilizados na mesma comparação.

### 3.1.3 Constantes Utilizadas neste Trabalho

QUADRO 5 – CONSTANTES UTILIZADAS

Constante universal de gravitação	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$
Densidade média da crosta terrestre	$\rho = 2670 \text{ kg m}^{-3}$
Semi-eixo maior do elipsóide WGS-84	$a = 6378137,0 \text{ m}$
Semi-eixo menor do elipsóide WGS-84	$b = 6356752,3142 \text{ m}$
Gravidade normal, no equador do elipsóide WGS-84	$\gamma_E = 978\,032,53359 \text{ mGal}$
Gravidade normal, nos pólos do elipsóide WGS-84	$\gamma_P = 978\,218,49378 \text{ mGal}$
Constante $\kappa$ da fórmula de Somigliana	$\kappa = 0,00193185264$

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 ASPECTOS GERAIS

A UFPR e o IBGE vêm trabalhando desde 1997 na região de Imbituba-SC. Desde então, diferentes campanhas de levantamentos geodésicos têm sido realizadas, com o objetivo de identificar efeitos da gravidade e de movimentos da crosta terrestre na definição do datum altimétrico, o que ajudará a entender as diferenças entre cada sistema nacional de altitudes na América do Sul.

Neste contexto, buscando dar continuidade a essas investigações, foi realizada entre 07 e 16 julho de 2005 uma nova campanha, cujo objetivo principal foi realizado o levantamento gravimétrico da área contígua ao Porto de Imbituba, visando preencher uma lacuna devido à deficiência de dados nesta região.

Dispondo-se, portanto, dos dados dessa campanha bem como dos citados no Capítulo 3, realizaram-se os procedimentos de verificação das informações e cálculos gravimétricos, os quais serão mostrados na seqüência e os resultados apresentados no Capítulo 5.

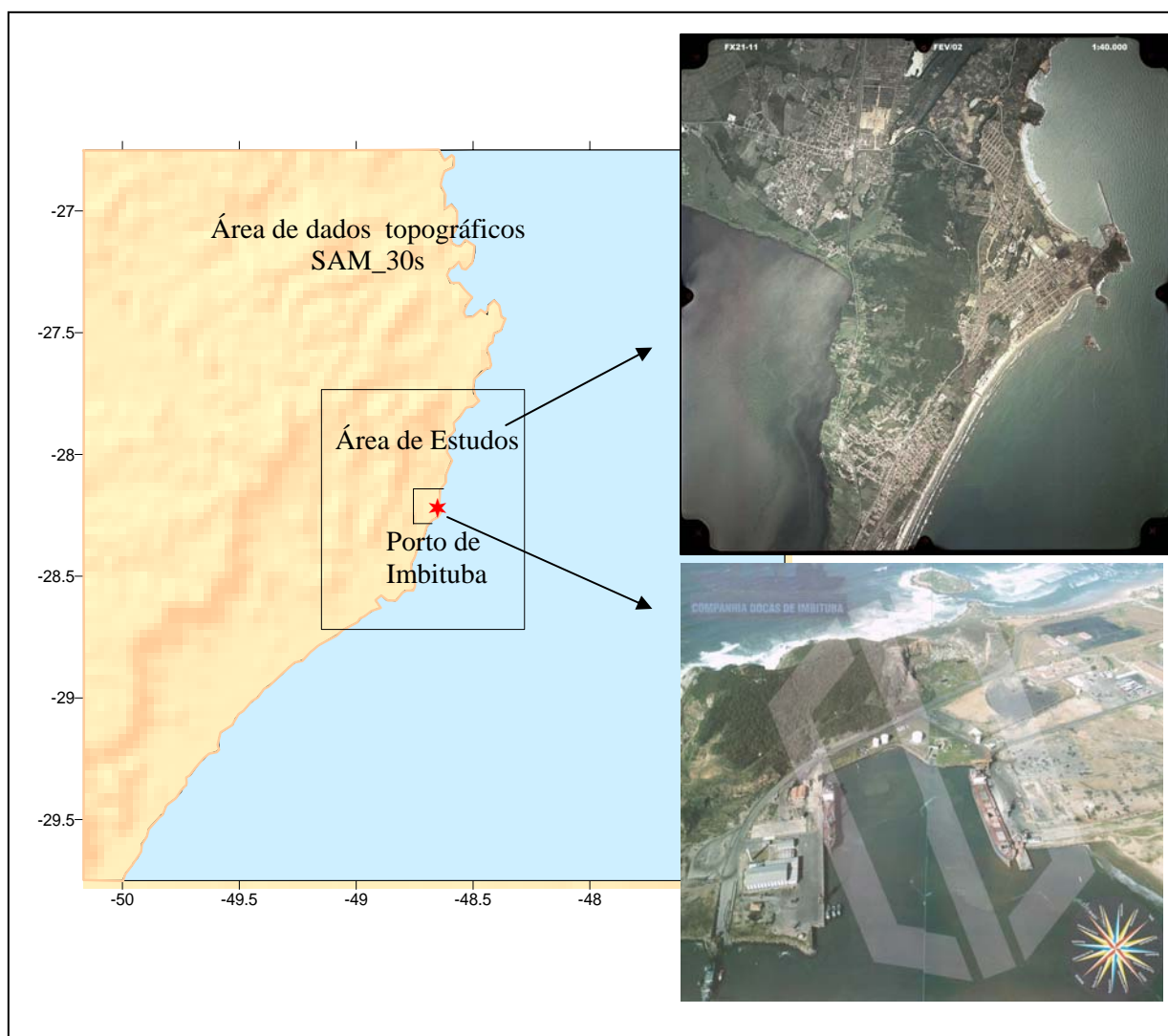
#### 4.1.1 Área do Levantamento, Equipamentos e Programas Utilizados

O levantamento foi realizado na área do Porto de Imbituba-SC (figura 10), localizado aproximadamente a 390 km de Curitiba e 90 km de Florianópolis.

As operações de densificação gravimétrica e o rastreo GPS foram realizados com os equipamentos abaixo relacionados, pertencentes à UFPR e locados nos laboratórios LAIG e LAGE:

- a) Dois gravímetros digitais *SCINTREX CG-3*;
- b) Receptor de navegação *ETREX GARMIN*;
- c) Receptor geodésico de dupla frequência (L1 e L2) *TRIMBLE 4000 SSI*;
- d) Receptor topográfico *PROMARK 2 ASHTECH*, de simples frequência (L1);
- e) Notebook para descarga automática dos dados;
- f) Equipamentos auxiliares tais como cabos, baterias e nobreak.

FIGURA 10 – ÁREA DE ESTUDOS



Os programas utilizados para geração dos modelos e integração dos dados foram:

- a) Surfer 7.0: utilizado para interpolação e geração das curvas isobatimétricas e modelos batimétricos. Este programa permite gerar grades regulares retangulares e triangulares, tendo disponível os interpoladores: Inverso do Quadrado da Distância (IQD), *krigagem*, vizinho mais próximo, método de Shepard, mínima curvatura, regressão polinomial, função de base radial, triangulação com interpolação linear. Outra ferramenta disponível neste software é a geração e a visualização de produtos cartográficos como: imagens sombreadas ou em níveis de cinza, geração mapas de

declividade, mapas de contorno, mapas em perspectiva tridimensional entre outros. Mais detalhes ver SURFER (1999); SURFER (2004);

- b) C++: utilizado na coleta dos elementos amostrais de treinamento e verificação (arquivos ASCII); utilizado para eliminar pontos comum entre os arquivos; Mais detalhes ver BOTELHO (2005);
- c) MatLab 5.3: utilizado para o processamento com a RNA, usando as bibliotecas matemáticas. Mais detalhes ver MATLAB (1998); MATLAB (2004).

#### 4.1.2 Planejamento e Metodologia adotada na Campanha de Levantamento Gravimétrico

Em fevereiro de 2005, realizou-se uma visita à área de estudos para reconhecimento. Na ocasião, observou-se a topografia do lugar, vias de acesso e dificuldades a serem supridas, tais como:

- a) áreas encobertas por dunas;
- b) densa vegetação;
- c) plantações;
- d) áreas instáveis devido a movimentação de equipamentos e veículos de grande porte e sujeitos a força de maré, como por exemplo, o cais do porto de Imbituba, como mostra a figura 11.

Na mesma oportunidade, visitou-se o IBGE nas cidades de Tubarão e Florianópolis, com o intuito de adquirir as bases cartográficas da região não disponibilizadas no Banco de Dados Geodésicos da mesma instituição.

Após o reconhecimento da área (figura 12), aquisição das bases e retorno a Curitiba, realizou-se o planejamento do levantamento gravimétrico da área contígua ao Porto de Imbituba, visando preencher a deficiência de dados na região.

FIGURA 11 – PORTO DE IMBITUBA



FONTE: AUTOR

FIGURA 12 – VISTA DA REGIÃO DE ESTUDOS



FONTE: AUTOR

Com o auxílio das bases cartográficas, foram definidas as estações a serem levantadas por ocasião da campanha. A densidade e espaçamento dos pontos foram condicionados pelo sistema viário local, sendo os mesmos selecionados observando-se as condições de acesso, estabilidade e isenção de vibrações da área quando possível.

Realizado o planejamento dos pontos, a próxima tarefa desempenhada consistiu na verificação, ainda em escritório, de todos os equipamentos a serem utilizados no levantamento.

Em relação ao gravímetro *SCINTREX CG-3*, verificou-se que o mesmo apresentava um *drift* de 0,02 mGal/dia, sendo necessária portanto, a realização, antes do levantamento de campo, do cálculo da correção de deriva instrumental .

O procedimento para a determinação deste fator foi efetivado por meio dos seguintes passos:

- Programou-se o equipamento no modo cíclico, de maneira que o mesmo coletasse leituras por um período de 12 horas;
- Após este tempo, descarregou-se os dados no computador e tomaram-se duas leituras, sendo a primeira leitura R1, próxima ao início do ciclo num tempo T1 e outra leitura R2 próxima ao fim do ciclo num tempo T2, desprezando-se para tal, leituras que possuíam ruídos ou distúrbios;
- A partir destes valores, calculou-se uma nova correção de deriva, por meio da fórmula:

$$DERIVA = DRIFT + \left[ \frac{R2 - R1}{T2 - T1} \right], \quad (22)$$

Onde:

DRIFT = valor referente ao *Drift const*, localizado no cabeçalho da tabela gerada pela descarga dos dados do gravímetro;

[T2-T1] = diferença entre os tempos final e inicial, estando em unidades de dias;

[R2-R1] = diferença entre as leituras final e inicial em mGal.

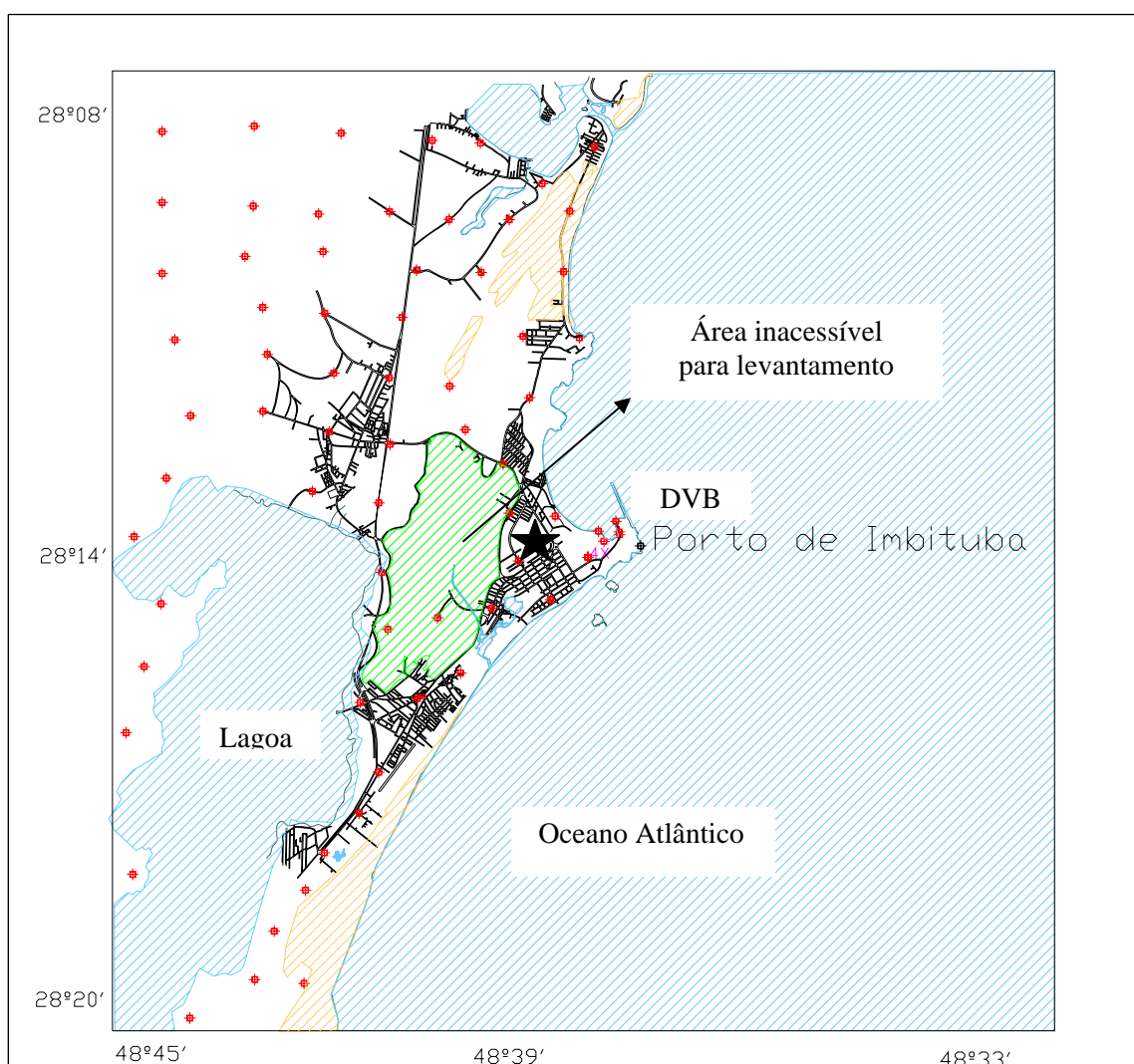


O resultado obtido equivalente a 0,46 mGal/dia para o gravímetro pertencente ao LAIG e 0,81 mGal/dia para o pertencente ao LPGA.

Tomadas as precauções com relação aos equipamentos e planejamento, realizou-se entre os dias 07 e 16 de julho de 2005, uma campanha para densificação gravimétrica da área entorno do Porto de Imbituba. Definiu-se a priori 70 pontos, sendo as coordenadas dos mesmos inseridas no receptor de navegação *ETREX*, o qual foi utilizado para a localização rápida daqueles.

Outros 13 pontos foram acrescentados a densificação, totalizando 83 estações (figura 13) levantadas nos 6 dias de campanha, todas apoiadas com GPS topográfico *PROMARK 2 ASHTECH* (figura 14), com tempo de ocupação em cada estação foi de 15 minutos, utilizando a técnica estático-rápido, com taxa de gravação de 05 segundos.

FIGURA 13 – ESTAÇÕES LEVANTADAS NA ÁREA CONTÍGUA AO PORTO DE IMBITUBA



O tempo de ocupação dos pontos foi definido em função da distância da linha de base (10 km), buscando agilidade no levantamento e garantindo dessa forma a resolução das ambigüidades do sistema GPS.

FIGURA 14 – COLETA DE DADOS COM GRAVÍMETRO *SCINTREX* E GPS *PROMARK*



FONTE: AUTOR

A estação com coordenadas conhecidas, utilizada como Estação Base foi a Estação IMBI, também denominada SAT 91854. Esta é dotada de um dispositivo de centragem forçada para o posicionamento da antena, como pode ser visto na figura 15, na qual foi instalado o receptor geodésico *TRIMBLE 4000 SSI*, de dupla frequência, sendo os dados coletados continuamente a uma taxa de gravação de 05s e ângulo de corte de 5°. O processamento dos dados se deu por meio do programa *GeoGenius* e a obtenção da altitude ortométrica através do programa *MAPGEO*.

As observações da gravidade foram obtidas com levantamento simultâneo de dois gravímetros *SCINTREX CG-3*. Estes equipamentos corrigem automaticamente as leituras dos efeitos de marés (desde que sejam inseridas no equipamento a latitude e longitude da estação) e de não verticalidade do instrumento.

FIGURA 15 – ESTAÇÃO IMBI



FONTE: AUTOR

A estação de referência para o levantamento gravimétrico, cujo valor da gravidade é conhecido, localiza-se no pátio da Igreja Matriz de Imbituba (figura 16), sendo o valor de  $g$  fornecido pelo Observatório Nacional – ON.

FIGURA 16 – ESTAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE REFERÊNCIA



FONTE: AUTOR



Planejaram-se circuitos gravimétricos fechados, sempre com retorno a estação de referência e, além disso, procurou-se levantar pontos com desníveis acentuados. Na figura (17) é possível observar os pontos de altitudes mínima (2,45 m) próxima ao mar e máxima (261,37 m) em um morro próxima ao Porto.

FIGURA 17 – PONTOS LEVANTADOS COM ALTITUDES MÍNIMAS E MÁXIMAS.



FONTE: AUTOR

A metodologia consistiu na instalação do gravímetro em cada uma das 83 estações, aguardo da estabilização da compensação automática do nível e posteriormente, introdução de parâmetros como latitude e longitude de cada estação para o cálculo de correção de maré. A seguir os circuitos foram corrigidos do efeito da deriva dinâmica. Os valores dos desníveis gravimétricos obtidos após estas correções, somados algebricamente ao valor da gravidade da estação de referência, resultaram nos valores finais da gravidade para cada estação.

### 4.1.3 Procedimento de Verificação e Cálculo dos Dados

#### 4.1.3.1 Cálculo do circuito gravimétrico

A verificação e a organização dos dados observados se deu após a descarga dos mesmos, por meio do programa IDUMP, que acompanha o gravímetro *SCINTREX CG-3*.

A estação de referência (abertura e fechamento do circuito) foi a IGRE1, assim denominada para o levantamento, correspondente a estação definida pelo ON, cuja aceleração da gravidade corresponde a 979163,817 mGal.

Os dados foram processados, considerando-se micro-circuitos independentes, cada um sendo fechado no mesmo dia e sem interrupções superiores a 2h, eliminando-se assim a correção da deriva estática e considerando-se apenas o valor da deriva dinâmica.

O quadro 6 mostra um exemplo de cálculo de um dos circuitos gravimétricos, sendo os pormenores de cada etapa de cálculo explicados na seqüência.

QUADRO 6– PLANILHA DE CÁLCULO DE CIRCUITO GRAVIMÉTRICO

Ponto	H,hhhh	Data	Tempo Total	LmGal	Correção de Maré	Valor Corrigido de maré	Correção da Deriva	V.C.D.D	$\Delta g$	Gravidade
IGRE1	16,0553	10/7/05	0,000	3507,1850	0,016	3507,169	0	3507,169	0	979163,817
4X	17,3175	10/7/05	1,262	3510,1400	-0,009	3510,149	0,017122116	3510,131878	2,962877884	979166,780
3012U	17,8203	10/7/05	1,765	3508,4000	-0,020	3508,420	0,023942325	3508,396058	1,227057675	979165,044
9302S	18,2522	10/7/05	2,197	3510,1900	-0,029	3510,219	0,029801676	3510,189198	3,020198324	979166,837
3010A	18,6047	10/7/05	2,549	3509,4600	-0,036	3509,496	0,034583359	3509,461417	2,292416641	979166,109
3M	19,0833	10/7/05	3,028	3511,0950	-0,043	3511,138	0,041075746	3511,096924	3,927924254	979167,745
IGRE1	19,6675	10/7/05	3,612	3507,1700	-0,048	3507,218	0,049	3507,169	0	979163,817

FONTE:AUTORA

- a) Tempo Total: tempo decorrido desde o início do levantamento;
- b) LmGal: leitura instrumental obtida diretamente do gravímetro;
- c) Correção de Maré: correção da atração luni-solar, ou seja, devido à influência combinada do Sol e da Lua, que deve ser aplicada à leitura

instrumental de um gravímetro. A interação da Terra com a Lua e o Sol introduz perturbações no campo de gravidade terrestre que devem ser removidas da aceleração de gravidade medida nos levantamentos gravimétricos (SÁ, 1994). Tal correção é fornecida diretamente pelo gravímetro *SCINTREX CG-3*;

- d) Valor Corrigido de Maré: Soma-se o valor da  $LmGal$  à correção de maré;
- e) Correção da Deriva Dinâmica: mudanças no comportamento do sistema elástico do gravímetro. Esta correção é obtida através da diferença entre as leituras inicial e final da estação base, dividida pelo intervalo de tempo entre as mencionadas leituras. Expressa em  $mGal/h$ , é posteriormente distribuída as estações intermediárias proporcionalmente ao tempo;
- f) V.C.D.D.: Valor corrigido da deriva dinâmica;
- g)  $\Delta g$ : diferença entre os valores observados na estação desejada e na estação de referência;
- h) Gravidade: valor da gravidade calculada para cada estação.

#### 4.1.3.2 Verificação dos dados gravimétricos oriundos da SGGSA

O arquivo de dados gravimétricos e altimétricos oriundos da SGGSA contém informações acerca de 916 estações. A fim de se verificar os mesmos, os valores das anomalias ar-livre e Bouguer foram recalculados para estes pontos.

Do total de estações, 101 apresentaram valores discrepantes dos fornecidos. Estes foram rejeitados, não sendo, portanto, utilizados nos cálculos.

#### 4.1.3.3 Cálculo da correção e anomalia ar-livre

Para a redução das observações gravimétricas da superfície terrestre para o nível do geóide, foi aplicada nas observações a correção ar-livre, utilizando-se para tanto a equação (10):

$$C_f = -0,3086H . \quad (10)$$

A obtenção da anomalia ar-livre (equação 11) deu-se através da utilização dos parâmetros do WGS-84 (ver 3.1.3) para o cálculo dos valores de gravidade normal por meio da fórmula de Somigliana (equação 3), recomendada pela IAG. O quadro 7 apresenta estes valores calculados para algumas estações.

$$\Delta g_f = g_o + 0,3086H - \gamma_o . \quad (11)$$

$$\gamma_o = \gamma_E \frac{1 + k \sin^2 \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}, \quad (3)$$

QUADRO 7 - CÁLCULO DA CORREÇÃO E ANOMALIA AR-LIVRE

Estação	Latitude	Altitude Ortométrica	Gravidade Real	Gravidade Normal	Correção ar-livre	Anomalia ar-livre
	$\varphi$	H	$g_o$	$\gamma_o$	mGal	mGal
1	-27,001500	253,070	978989,448	979097,759	78,097	-30,204
2	-27,002860	107,030	979017,800	979097,858	33,029	-47,029
3	-27,003440	633,870	978912,790	979097,901	195,612	10,502
4	-27,003580	210,190	978997,550	979097,911	64,864	-35,4964
5	-27,005020	83,000	979022,760	979098,016	25,614	-49,6424

#### 4.1.3.4 Cálculo da correção e anomalia Bouguer e correção do terreno

A correção completa de Bouguer é dada pela fórmula (12):

$$C_B = -A -B + C. \quad (12)$$

O termo A foi calculado utilizando-se a equação (13) e o termo B obtido interpolando-se os valores do quadro 1.

$$A = 2\pi G\rho H; \quad (13)$$

A correção de terreno – C, um dos objetivos deste estudo, foi obtida utilizando-se os programas *TC* e *TCFour*.

E finalmente a anomalia Bouguer, calculada através da equação (14):

$$\Delta g_B = g_o + C_f + C_B - \gamma_o, \quad (14)$$

O quadro 8 apresenta estes valores calculados para algumas estações.

QUADRO 8 - CÁLCULO DA CORREÇÃO E ANOMALIA BOUGUER EM mGAL

Estação	Correção ar-livre	A	B	C	Correção Bouguer Incompleta	Anomalia Bouguer Incompleta	Correção Bouguer Completa	Anomalia Bouguer Completa
	(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)	Cb=-A-B	(mGal)	Cb=-A-B+C	(mGal)
1	78,097	28,318	0,356	2,819	-28,674	-58,8720	-25,855	-56,059
2	33,029	11,977	0,093	1,4289	-12,069	-59,0982	-10,641	-57,669
3	195,612	70,930	0,807	0,3100	-71,737	-61,2356	-71,427	-60,926
4	64,865	23,520	0,278	1,729	-23,799	-59,2949	-22,070	-57,566
5	25,614	9,288	0,066	2,221	-9,354	-58,9964	-7,133	-56,776

#### a) Correção de terreno utilizando-se o programa *TC*

O programa *TC* calcula a correção do terreno de uma forma detalhada para cada ponto, subdividindo a região em duas áreas, com espaçamento distinto da malha, sendo uma próxima e outra afastada do ponto de cálculo (MATOS, 2005). Os cálculos estão, portanto baseados em dois modelos topográficos, um detalhado e um outro grosseiro, os quais são usados na zona interior e exterior do ponto respectivamente

As malhas dos modelos devem possuir bordas comuns, sendo o armazenamento das linhas no sentido norte e sul e as colunas no sentido oeste a leste (SUBIZA, 2000).

O modelo detalhado é usado até um raio especificado, que deve ser ao menos duas vezes o espaçamento do modelo grosseiro. Na vizinhança do ponto, a informação topográfica é densificada usando um interpolador *spline* bi-cúbico (SUBIZA, 2000).

Os parâmetros de entrada deste programa são:



- 1a) arquivo de dados gravimétricos das estações a serem calculados os efeitos;
- 2a) arquivo correspondente ao modelo de elevação detalhado;
- 3a) arquivo correspondente ao modelo de elevação grosseiro;
- 4a) nome do arquivo de saída;
- 5a) parâmetros: itype, ikind, izcode, istyp, rho;
- 6a) lat1, lat2, long1, long2: área máxima pra as quais os efeitos do terreno são calculados;
- 7a) raio1; raio2: distância mínima de cálculo para a zona interior (km); máxima distância de cálculo (km), respectivamente. Se não é usada a malha grosseira, raio2=0.

Sendo:

itype:

- 1: Distúrbio da gravidade, em mGal;
- 2: deflexões da vertical, em segundos de arco;
- 3: altura geoidal, em m;
- 4: opções 1+2, em mGal e segundos de arco, respectivamente;
- 5: anomalias da gravidade, subtraído o efeito indireto do método de condensação de Helmert, em mGal;
- 6: opções 2+3, em segundo de arco e mGal, respectivamente;
- 7: gradiente vertical de gravidade, em unidades Eötvös;
- 8: gradientes da gravidade, em unidades Eötvös;
- 9: todos os gradientes anteriores em unidades Eötvös;

Ikind:

- 1: efeito topográfico;
- 2: efeitos isostáticos;

3: correção de terreno;

4: efeitos residuais de terreno;

5: efeitos residuais de terreno, usando correções de terreno calculadas previamente até a distancia 'rTC' em km.

Izcode:

0: estação sobre o terreno, mudar a altitude da estação;

1: efeitos isostáticos;

2: estação sobre o terreno, mudar o MDT;

3: estação sobre o terreno, mudar o MDT apenas nos pontos terrestres;

4: estação livre, não densificar.

Istyp:

0: sem arquivo dos pontos de entrada, calcule uma malha como saída;

1: calcule os efeitos no arquivo de pontos de entrada;

2: adicione os efeitos ao valor no arquivo de pontos de entrada;

3: subtrair os efeitos ao valor no arquivo de pontos de entrada;

4: arquivo de pontos em formato KMS (caracteres em 80 colunas).

Para o cálculo da correção de terreno empregando este programa, utilizou-se como entrada, um arquivo do tipo *ASCII* contendo dados de 899 estações, sendo informados em cada linha o nº do ponto, coordenadas, anomalia ar-livre e desvio-padrão da mesma.

Em relação ao valor do desvio-padrão da anomalia ar-livre, ressalta-se que este valor foi estimado em 2 mGal em virtude dos dados obtidos junto a SGGSA não conterem referência ou indicação a respeito deste valor.

Esta estimativa baseou-se no fato de que a precisão estimada de altitudes ortométricas obtidas por meio dos métodos tradicionais de nivelamento de menor

precisão (p. ex. via nivelamento barométrico), variar em torno de 4 a 6 m. Propagando-se tal erro durante a redução da gravidade real medida na superfície terrestre até a superfície do geóide e associando-se este erro com um erro de 0,3 mGal da medida da própria gravidade real na superfície da Terra, chega-se a um valor estimado de precisão das anomalias gravimétricas ar-livre de 2 mGal (FEATHERSTONE et al., 1997), (LI e SIDERIS, 1994).

O modelo de elevação utilizado é o SAM\_30s, com espaçamento da malha de 30". Não foi utilizado um modelo grosseiro neste cálculo, sendo o arquivo correspondente ao segundo modelo, o mesmo do primeiro, tendo portando o valor zero para o raio2. Conforme KIRBY e FEATHERSTONE (1999), para altitudes menores que 2500 m, e raio de integração superior a 50 km, a correção gravimétrica de terreno é negligenciável. Como a região de estudos não possui altitudes superiores a 2500 m, optou-se por utilizar a correção de terreno gerada a partir do raio de integração de 50 km.

Como parâmetros de cálculo, utilizou-se as opções itype (5), ikind (3), izcode (0), istyp (1), rho (2,67 g/cm<sup>-3</sup>).

#### b) Correção de terreno obtida pelo programa *TCFour*

Segundo SUBIZA (2000), o programa *TCFour* é destinado a análise de modelos topográficos via Transformada Rápida de Fourier – FFT. Na análise é usada uma sub-área da quadrícula, denominada dtmfile1. Esta sub-área, é determinada através do seu extremo sul-oeste (latitude- fic1, longitude-lac1) e o número de pontos na direção norte e leste (in1 e ie1).

Os dados de entrada no programa são:

- 1b) dtmfile1: arquivo do modelo de elevação;
- 2b) dtmfile2: arquivo do segundo modelo de elevação;
- 3b) nome do arquivo de saída;
- 4b) parâmetros: mode, 1ref, dist1, dist2 ou altitude;
- 5b) fic1 (latitude), lac1(longitude), in1(nº de linhas), ie1(nº de colunas).

Sendo ‘mode’ o conjunto de parâmetros que determinam a função do programa, com as seguintes opções:

- 0: opera simplesmente como um filtro, com ‘dist1’ dando o comprimento de onda em km. Se ‘dist2’>0, tem-se um filtro passa-baixa, caso contrário, passa-alta;
- 1: calcula a função de covariância e a potência espectral da malha de entrada;
- 2: efeito direto do relevo topográfico (correção clássica do terreno), usando a quadrícula 1 até a distância ‘dist1’ e a quadrícula 2 até a ‘dist2’ em km;
- 3: efeito direto do relevo topográfico (correção clássica do terreno), da ‘dist1’ a ‘dist2’ em km;
- 4: efeitos residuais do relevo topográfico, calculados como efeito direto com a redução de Bouguer ao nível de referência até ‘dist1’;
- 5: efeito indireto do relevo topográfico devido ao método de condensação de Helmert, para uma topografia residual. Os efeitos são calculados até uma distância ‘dist2’ e num raio ‘dist1’ em km;
- 6: efeitos isostáticos indiretos, devido ao método de condensação de Helmert, na distância ‘dist2’ sobre o geóide;
- 7: efeitos isostáticos diretos devido ao método de condensação de Helmert;
- 8: efeitos residuais do relevo topográfico nas deflexões da vertical.

O modelo de elevação utilizado neste programa foi o DEM SRTM SAM\_30s, disposto na forma de malha com 361 linhas (in1) e 361 colunas (ie1). O cálculo foi efetuado sobre toda a área de abrangência do modelo de elevação, que se estende por 2 graus além da área de estudos, precaução esta, tomada para evitar os efeitos de borda sobre esta área.

Em relação aos parâmetros de cálculo, utilizaram-se as opções relativas ao cálculo do efeito direto do relevo topográfico (correção clássica de terreno), ou seja, opção 3.

#### 4.1.3.5 Cálculo do efeito indireto

O processo de redução gravimétrica das massas externas ao geóide dá origem ao chamado Efeito Indireto sobre o potencial. O mesmo é resultante da modificação do valor do potencial ocorrida pela condensação daquelas massas no interior do geóide (MATOS, 2005).

Para o cálculo do efeito indireto no geóide devido a condensação de Helmert, foi empregado o programa ind. A fórmula implementada neste é (MATOS, 2005):

$$N_{ind} = N_{ind0} + N_{ind1} + N_{ind2} \quad (23)$$

Sendo:

$N_{ind0}$  = parte regular (não considera a irregularidade da topografia);

$N_{ind1} + N_{ind2}$  = a parte irregular (leva em consideração as massas existentes acima da estação, bem como a ausência das mesmas abaixo da estação).

Os resultados dos diferentes termos e a sua soma são armazenados respectivamente nos arquivos de saída: indrt0.dat, indrt1.dat, indrt2.dat e indrt.dat.

O arquivo de altitudes de entrada no programa deve estar na forma de malha e conter um cabeçalho especificando os limites da área e o espaçamento em cada eixo dos dados em minutos, da forma: lat1, lat2, long1, long2, dlat, dlong.

#### 4.1.3.6 Geração e validação dos modelos digitais

Para o processo de geração das grades foi utilizado o programa comercial *SURFER v 7.0*, empregando-se a *krigagem* como método de interpolação para geração de modelos digitais, os quais serão apresentados no capítulo 5.

Este é o método mais apropriado para a interpolação de dados de terreno (MATOS, 2005) e, em forma particular, na interpolação de anomalias gravimétricas,

fornecendo bons resultados especialmente em regiões com boa distribuição de observações gravimétricas (TIERRA, 2003).

Com o intuito de se realizar uma análise quantitativa do produto gerado, utilizou-se o módulo *grid/residuals* que o programa *SURFER v7.0* oferece. Esta ferramenta permite computar a diferença entre os valores de Z dos dados de verificação com os valores de Z dos dados interpolados. Com estes resultados o programa fornece medidas estatísticas, como a média e o desvio-padrão, que permitem a análise da qualidade da grade gerada a partir dos dados originais.

Para tanto, uma rotina em linguagem C++ foi desenvolvida para coletar os elementos amostrais de verificação. Esta rotina foi concebida de forma a ler os dados do arquivo de entrada, e reescrevê-lo, identificando seqüencialmente cada linha do mesmo, como um índice. Uma porcentagem desejada de coleta foi fornecida ao programa (neste caso 30% do conjunto amostral total), restando assim 70% para treinamentos.

Desta forma, a rotina permitiu calcular o intervalo de coleta a partir dos pontos iniciais até os pontos finais (para a porcentagem desejada), fornecendo como saída, os elementos amostrais de verificação.

Assim sendo, se uma porcentagem de 30% de amostras for requerida, aplicando a equação (24), tem-se que a cada intervalo de três (3) coordenadas uma (1) coordenada será coletada.

$$A = (T).(P)$$

$$\Delta I = \frac{T}{A} = \frac{T}{T.P} = \frac{1}{P} \quad (24)$$

Onde:

T: total de elementos amostrais da área considerada;

P: porcentagem de coleta desejada;

A: número de elementos amostrais a serem coletados;

$\Delta I$ : intervalo de coleta para a percentagem estipulada.

Os dados de verificação são importantes, pois permitem a validação do modelo, quantificando mais precisamente o erro obtido, através do cálculo da diferença do desvio-padrão e da média entre a interpolação e a realidade dos dados coletados em campo, uma vez que os pontos de verificação não fizeram parte do processo de geração das grades.

#### 4.1.3.7 Redes neurais artificiais (RNA) - Método para coleta dos elementos amostrais de treinamento e de verificação

A etapa da coleta dos elementos amostrais de treinamento para a rede é fundamental para que a mesma realize a generalização dos dados totais e atinja a precisão desejada. Para tal, a amostra deve ser representativa da variação das anomalias que se está considerando. Isto é, deve ter a capacidade de representar todas as nuances do terreno na área a ser modelada (SOUZA, 2006).

Um subconjunto de dados foi escolhido para ser utilizado no treinamento da RNA. Este conjunto possui 70% de elementos do conjunto amostral total de dados.

Para a coleta do subconjunto amostral de verificação (conjunto de teste) utilizou-se o restante dos dados, que representam 30% do conjunto total amostral. Ressalta-se que utilizaram-se estas amostras para avaliar a qualidade das saídas interpoladas pela rede, auxiliando nas análises para fixar as melhores arquiteturas e posteriormente, para avaliar os valores residuais das grades geradas pela *krigagem* e generalizadas pela RNA. Estes dados não fizeram parte do treinamento da rede e nem da generalização das grades.

Uma porcentagem desejada de coleta foi fornecida ao programa (neste caso 70% do conjunto amostral total), bem como, foram fornecidos os dados totais da área considerada. Desta forma, a rotina permitiu calcular o intervalo de coleta a partir dos pontos iniciais até os pontos finais (para a porcentagem desejada), fornecendo como saída, os elementos amostrais de treinamento. Em seguida, estes dados foram subtraídos do arquivo que continha o conjunto amostral total, fornecendo dessa forma os dados de verificação.

#### 4.1.3.8 RNA para predição da anomalia ar-livre

Para a geração das malhas de anomalias ar-livre, integrando continente-oceano, utilizou-se uma RNAM. Essa escolha se deu seguindo as recomendações de TIERRA (2003) para o cálculo dessas anomalias.

A arquitetura geral da RNAM consiste de elementos de entrada, duas camadas ocultas e a camada de saída constituída por um neurônio que gera a anomalia ar-livre. A escolha da arquitetura da rede é totalmente experimental e depende de testes com os algoritmos de aprendizagem e as diferentes configurações que uma rede pode ter. Porém, para iniciar o processo, adotou-se o critério da segunda camada oculta ser 1/3 da primeira oculta.

SOUZA (2006) comenta que a entrada e a saída da RNAM são óbvias, porém as camadas ocultas (escondidas) da rede não é uma resposta óbvia, pois o número ótimo de camadas escondidas depende do problema e do número de variáveis envolvidas. Assim, deve-se proporcionar à rede o maior número possível de informações. Só que isso muitas vezes implica em construir uma arquitetura com grande quantidade de neurônios acarretando numa maior complexidade computacional, limitando o uso em relação ao tempo de processamento e espaço (tamanho dos arquivos).

Portanto, para se determinar a arquitetura final da RNAM, com o objetivo de ser usada para a determinação da anomalia ar-livre, foram utilizadas diferentes arquiteturas, e em consequência, vários testes no processo de treinamento e generalização.

Uma vez treinada a RNAM, e definidas as melhores arquiteturas, ela pôde ser usada para generalizar as anomalias ar-livre em função dos elementos de entrada.

Por exemplo, numa modelagem onde as variáveis de entrada foram três (Latitude, Longitude e Altitude), treina-se a rede e armazena-se o resultado da arquitetura dessa modelagem, bem como os pesos. Depois executa-se a generalização para uma mesma arquitetura da rede já treinada, utilizando as coordenadas (Latitude, Longitude) dos nós da grade obtida pela *krigagem* acrescida de sua respectiva altitude, obtendo-se como saída, a grade RNAM dos valores das anomalias nas mesmas posições da grade obtida pela *krigagem*. Desta forma, ter-se-á duas grades idênticas



em posição (latitude, longitude), uma grade com atributo das anomalias ar-livre interpoladas pela *krigagem* e a outra grade com atributo das anomalias ar-livre interpoladas pela RNAM.

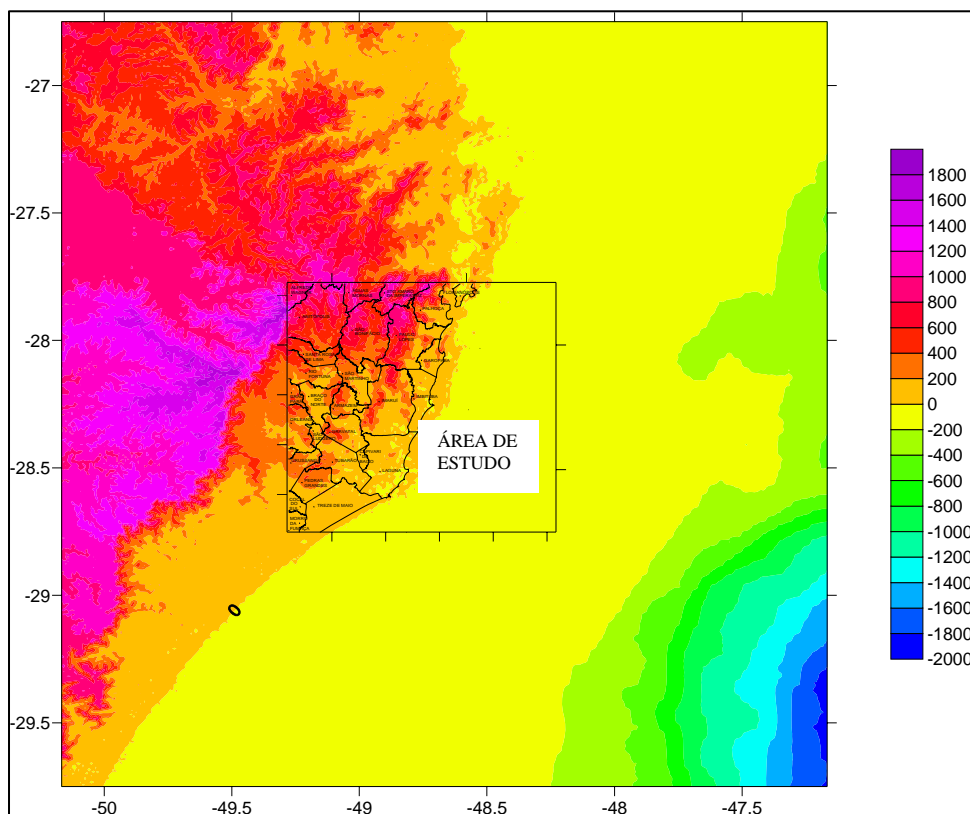
## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

O cálculo dos circuitos gravimétricos, referentes à densificação da área de estudos, foi realizado baseando-se na metodologia apresentada no item 4.1.3.1.

Em relação aos dados oriundos da SGGSA, 101 estações foram rejeitadas para os cálculos em função da ambigüidade dos valores de anomalias das mesmas e por carecerem de informações do procedimento realizado para sua obtenção ou redução, representando uma perda de 11% do total de dados.

Utilizaram-se para os cálculos, dados altimétricos e gravimétricos de 899 estações oriundos do levantamento gravimétrico efetuado na campanha de julho de 2005 e de outras instituições, bem como dados do modelo KMS2002 e dados topográficos do modelo de terreno DEM SRTM SAM\_30s, o qual é apresentado na figura 18. Este modelo, por apresentar um maior detalhamento topográfico (resolução de 30”), acaba por fornecer uma correção de terreno mais detalhada.

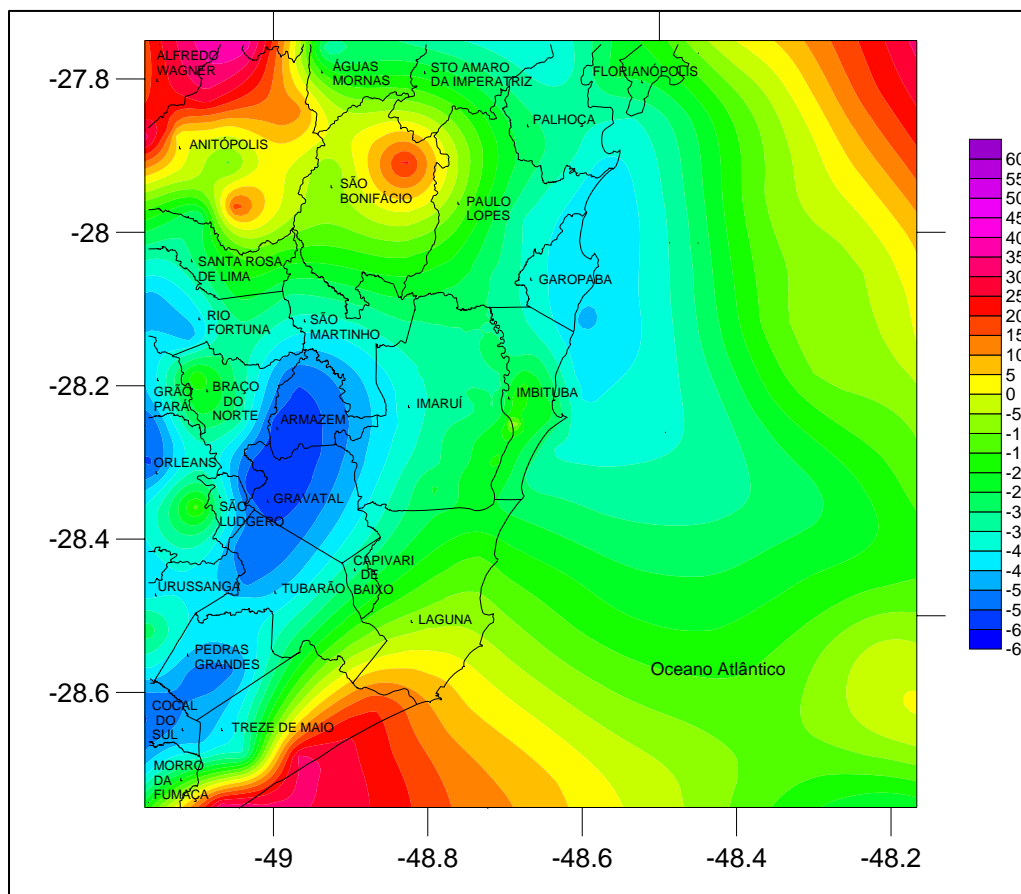
FIGURA 18 – RELEVO TOPOGRÁFICO OBTIDO A PARTIR DO MODELO DEM SRTM SAM\_30S COM RESOLUÇÃO DE 30” (ALTITUDES EM m).



Todos os valores calculados para a geração dos modelos digitais encontram-se no APÊNDICE A, em CD-ROM.

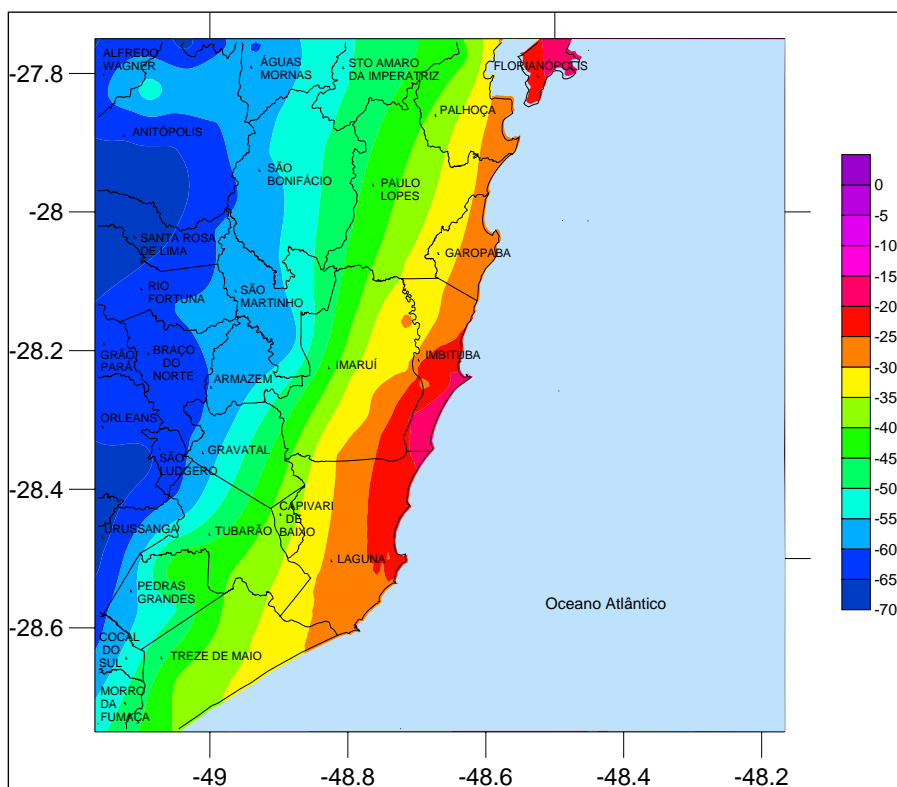
A figura 19 apresenta a integração dos modelos de anomalia ar-livre, realizada através da *krigagem* em mGal.

FIGURA 19 – INTEGRAÇÃO DOS DADOS DA ANOMALIA AR-LIVRE CALCULADA E DERIVADA DO MODELO KMS2002 ATRAVÉS DE *KRIGAGEM* (mGal).



O modelo de anomalias Bouguer simplificado, isto é, sem levar em consideração a correção de terreno, é apresentado na figura 20. Ao gerar este modelo, bem como os demais, verificou-se que as anomalias “extrapolaram” para toda a área da grade gerada e não apenas pra a região estudada e analisada. Diante deste problema, buscou-se investigar mais um dos recursos oferecidos pelo programa *SURFER* que é a criação dos chamados arquivos *blanked* ou vazios, os quais possibilitam delimitar a área de interesse dentro da grade gerada.

FIGURA 20 - MODELO DE ANOMALIAS BOUGUER SIMPLIFICADA (mGal).



O efeito direto foi calculado por meio dos programas *TC* e *TCFour*, sendo os resultados apresentados respectivamente nas figuras 21, 22 e 23.

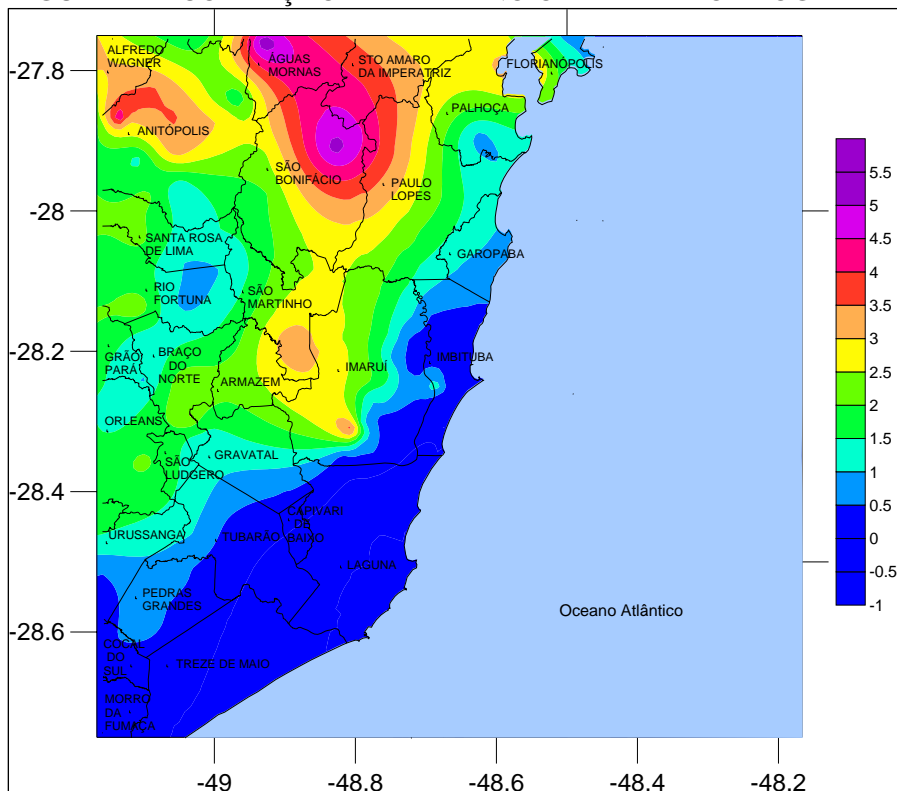
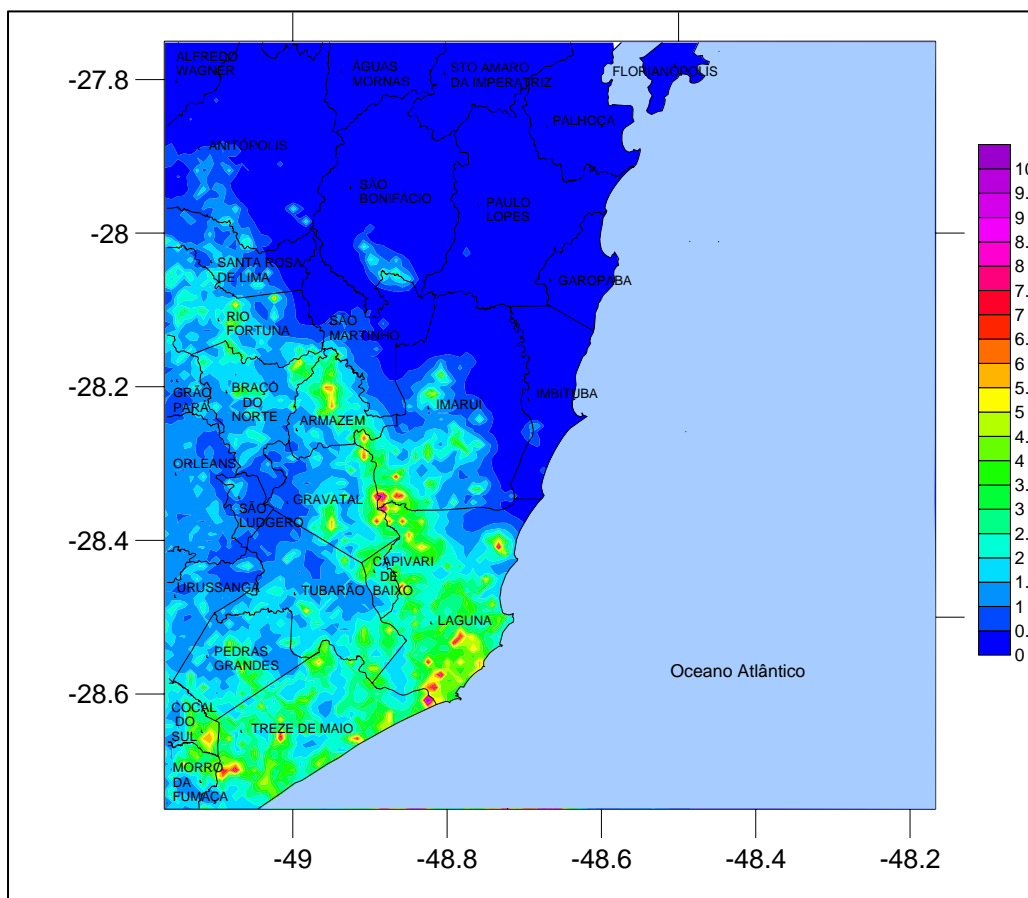
FIGURA 21 - CORREÇÃO DE TERRENO OBTIDA PELO PROGRAMA *TC*(mGal).



FIGURA 23 - CORREÇÃO DO TERRENO OBTIDO PELO PROGRAMA *TCFOUR* (mGal).

A diferença entre as correções de terreno obtidas pelos dois programas, foi calculada através do programa *SURFER* v 7.0. Para que esta operação fosse efetuada, os modelos tiveram que apresentar a mesma resolução espacial e representar exatamente a mesma área. Essa comparação resultou em valores inferiores a 0,0001 mGal, desprezando-se claro o efeito de bordas, o qual gerou discrepâncias da ordem de 200 mGal.

O comportamento das anomalias Bouguer completa, isto é, considerando-se os efeitos das irregularidades topográficas, é apresentado na figura 24.

O efeito indireto foi obtido através do programa *ind*, sendo os valores calculados inferiores em módulo a 4 cm para a área de interesse e apresentados na figura 25.

FIGURA 24 - MODELO DIGITAL DE ANOMALIAS BOUGUER COMPLETA (mGal)

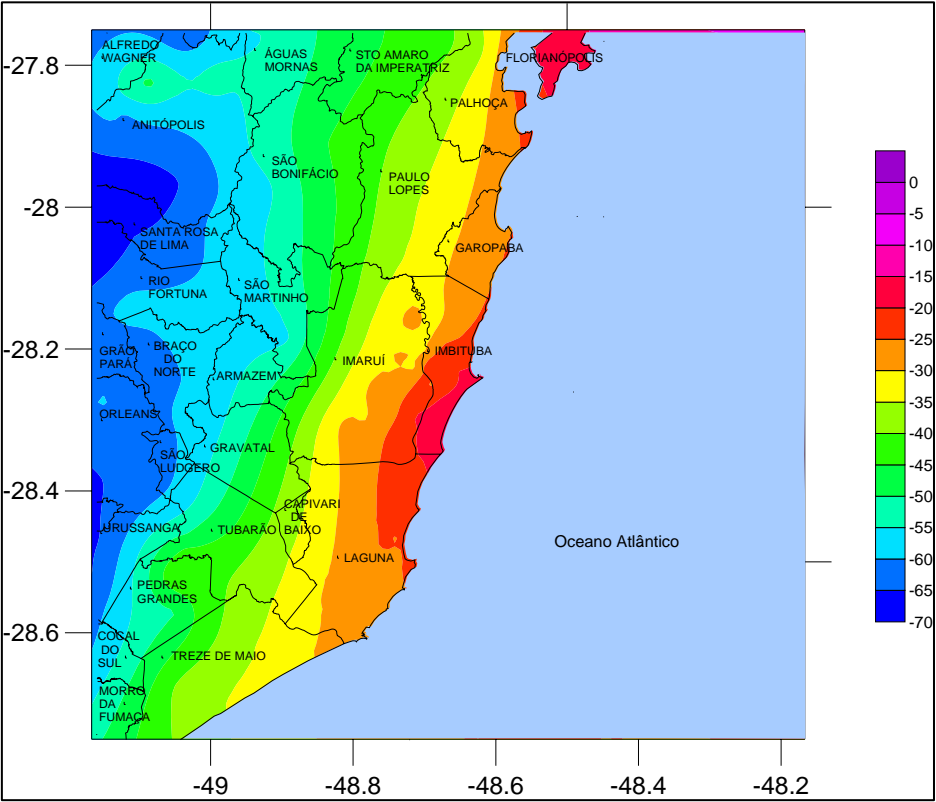
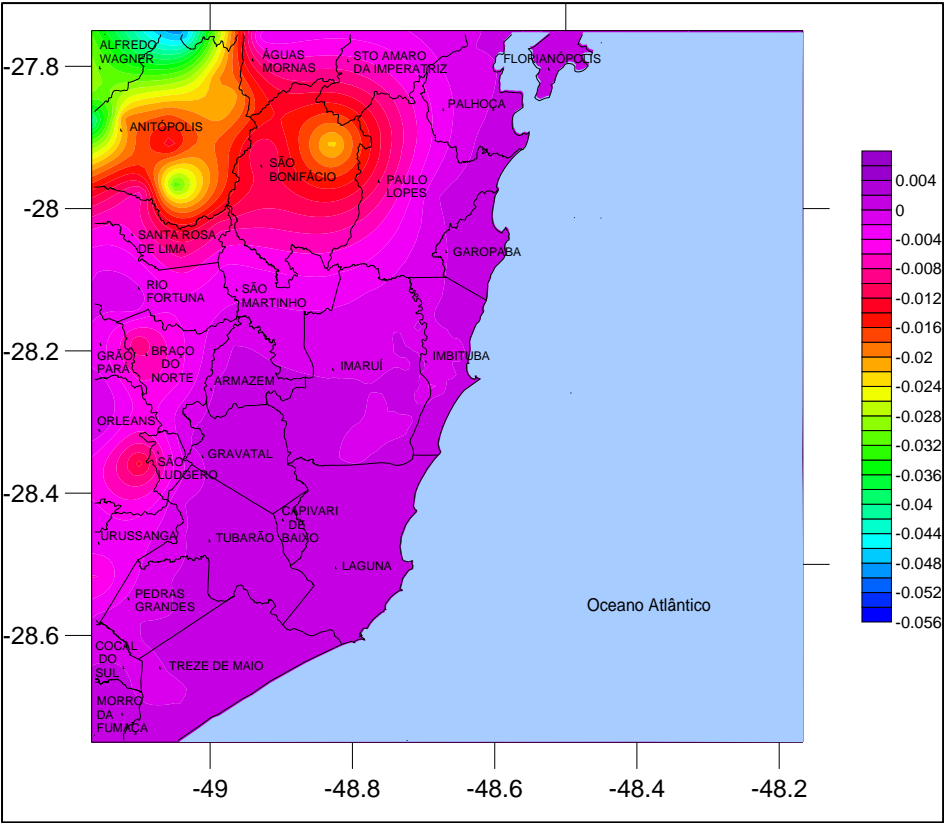


FIGURA 25 - EFEITO INDIRETO DA TOPOGRAFIA (mGal).



Utilizou-se um conjunto de dados para avaliar o desempenho da RNAM e da grade gerada pela *krigagem* para as anomalias. Esses dados representam 30% das amostras, ressaltando-se que os mesmos não foram utilizados tanto no treinamento quanto na geração do modelo digital final das anomalias e efeitos direto e indireto do terreno. Estes pontos foram escolhidos de forma a estarem distribuídos em toda a área de estudo e também com variações na topografia.

Realizaram-se testes quantitativos a fim de determinar numericamente, por meio de análises estatísticas, quanto foi a precisão da grade gerada. Para tanto, calculou-se as diferenças entre os elementos amostrais de verificação (medidos em campo) e a grade gerada (valores das anomalias e efeitos direto e indireto interpolados), sendo estas diferenças quantificadas mediante o cálculo da média e do desvio-padrão.

O quadro 9 mostra os valores residuais obtidos entre a grade gerada e os elementos amostrais de verificação, objetivando avaliar a grade gerada pelo interpolador *krigagem*.

QUADRO 9 –VALORES RESIDUAIS ENTRE A GRADE GERADA E OS ELEMENTOS AMOSTRAIS DE VERIFICAÇÃO (mGal)

Processo	Média	Erro Padrão da Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Integração de Anomalias ar-livre	0,0310	$\pm 0,0598$	4,5959	-49,0902	60,4888
Anomalia Bouguer Simplificada	-0,0414	$\pm 0,0939$	2,8146	-14,1980	22,1194
Anomalia Bouguer Completa	-0,0485	$\pm 0,0921$	2,7625	-12,2749	22,7072
Correção de Terreno	-0,0068	$\pm 0,0241$	0,7224	-2,9631	3,2984
Efeito Indireto	-0,0002	$\pm 0,0002$	0,0056	-0,0332	0,0243

Os resultados do quadro 9 mostram que a grade *krigagem* difere dos dados originais nos pontos de verificação (valores medidos em campo), sendo o valor do desvio-padrão um indicador da precisão da grade gerada em relação aos pontos de verificação.



Vale ressaltar que o método de interpolação apresenta vantagens e desvantagens que dependem de vários fatores, tais como: quantidade de dados disponíveis, regularidade da distribuição espacial e fidelidade aos pontos observados (solução exata ou suavizada). Por mais eficiente que seja o método de interpolação, caso a distribuição dos dados observados não seja favorável, os resultados podem ser insatisfatórios, exigindo-se até a realização de novos levantamentos.

Cabe salientar que o interpolador exige o conhecimento a priori dos dados de entrada e a partir deles determina os melhores parâmetros para modelagem. Portanto, devem ser os mais representativos possíveis da região a ser modelada.

Já a RNAM não precisa do conhecimento prévio desses parâmetros, ela necessita sim de um treinamento consistente, o que significa, no caso do método supervisionado, que as amostras de treinamento devem ser representativas, isto é, devem conter todas as nuances do relevo. Para tal, uma sistemática (método) coerente na delimitação e coleta dos elementos amostrais de treinamento precisa ser empregada, conforme apresentada e sugerida na metodologia. A rede apresenta também como vantagem a possibilidade da integração de outras variáveis de entrada (SOUZA, 2006).

Portanto, no decorrer desta pesquisa, foi testada a técnica de RNAM para prever anomalias ar-livre, a partir da integração dos dados calculados para o continente e dos fornecidos para o oceano por meio do modelo KMS2002.

A fim de definir a arquitetura da RNAM, iniciaram-se uma série de testes, definindo as entradas e as saídas, as camadas ocultas e o número de neurônios por camada. Realizou-se vários experimentos na busca da arquitetura da rede mais adequada para à resolução do problema em questão, totalizando 18 experimentos (quadro 9).

Limitou-se as iterações em um número de 10.000 e o critério de parada do treinamento foi experimental. A rede foi alterada para treinar com 2 e 3 elementos de entrada e o treinamento foi encerrado após o Erro Médio Quadrático (EMQ) atingir o limiar de 0,001 e em alguns casos de 0,0001 mGal.

Analisando o quadro 10, pode-se verificar que os experimentos 1, 11, 13, 15, 17 e 18 não atingiram o limiar proposto pra seu treinamento. Em relação ao

experimento 1, isso se deve provavelmente ao número de elementos da camada de entrada (2) não ser suficiente, apenas a latitude e longitude para prever a anomalia ar-livre.

Variou-se o número de dados para treinamento da rede buscando testar dessa maneira, se o número de dados de anomalias sob os oceanos influenciava a predição das anomalias para o continente, visto que tinha-se 5000 dados para o oceano e 899 para o continente. Realizou-se nos experimentos 3, 6 e 7, um treinamento com quantidades proporcionais destes dados (70% para dados do continente, com 600 pontos, e 12% para dados do oceano, com 600 pontos), porém a alteração nos resultados não foi significativa como mostra o quadro 10.

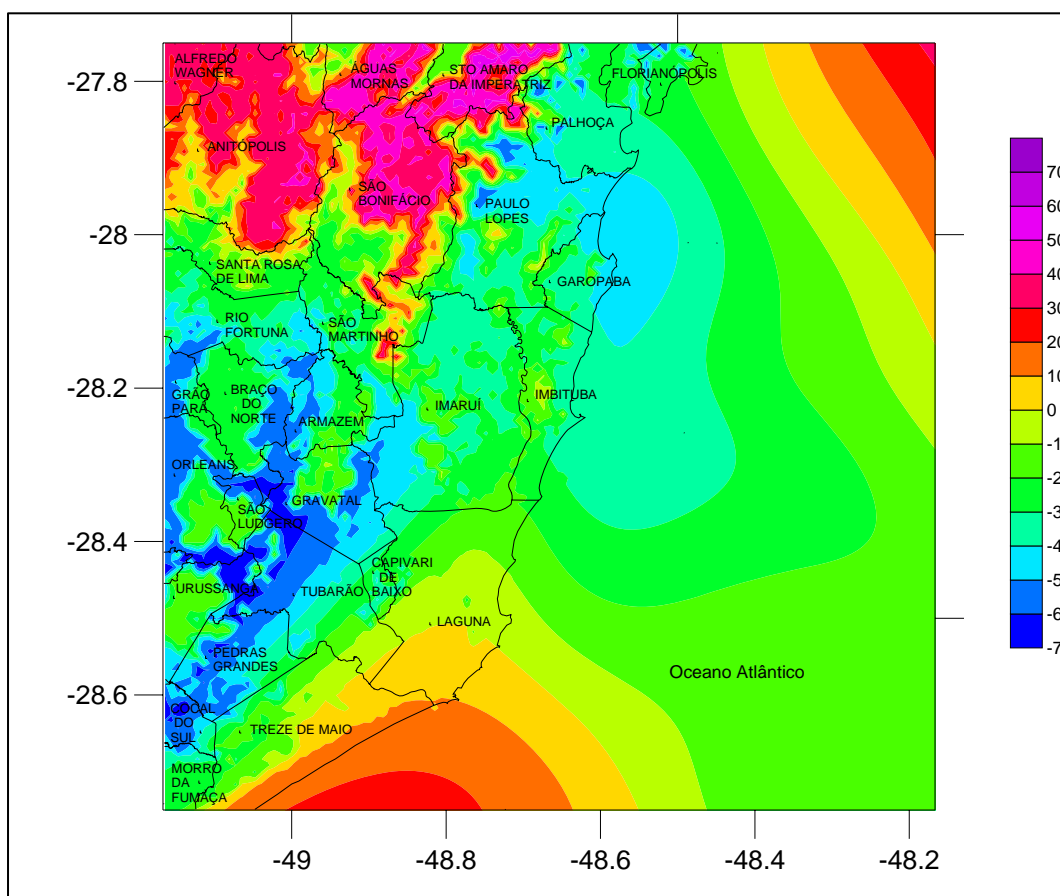
QUADRO 10 – EXPERIMENTOS REALIZADOS NO TREINAMENTO E GENERALIZAÇÃO DA RNAM

Exp.	Entrada	Arquitetura	Treino Converte?	Verif. %	Treino %	Função de transferência	Média	Erro Padrão da Média	Desvio Padrão	Limiar
01	$\varphi, \lambda$	[30 10 1]	Não	30	70	Logsig, trainrp	-		-	0,001
02	$\varphi, \lambda, H$	[30 10 1]	Sim	30	70	Logsig, trainrp	-0,454	$\pm 0,1443$	9,27	0,001
03	$\varphi, \lambda, H$	[30 10 1]	Sim	30	Proporcional	Logsig, trainrp	-0,276	$\pm 0,1949$	6,75	0,001
04	$\varphi, \lambda, H$	[45 15 1]	Sim	30	70	Logsig, trainrp	-0,072	$\pm 0,0965$	6,20	0,001
05	$\varphi, \lambda, H$	[18 6 1]	Sim	30	70	Logsig, trainrp	-0,206	$\pm 0,1004$	6,45	0,001
06	$\varphi, \lambda, H$	[45 15 1]	Sim	30	Proporcional	Logsig, trainrp	-0,291	$\pm 0,1925$	6,67	0,001
07	$\varphi, \lambda, H$	[18 6 1]	Sim	30	Proporcional	Logsig, trainrp	-0,231	$\pm 0,2015$	6,98	0,001
08	$\varphi, \lambda, H$	[60 20 1]	Sim	30	70	Logsig, trainrp	-0,082	$\pm 0,1004$	6,45	0,001
09	$\varphi, \lambda, H$	[60 20 1]	Sim	30	70	Tansig, Trainrp	-0,070	$\pm 0,0921$	5,92	0,001
<b>10</b>	<b><math>\varphi, \lambda, H</math></b>	<b>[60 20 1]</b>	<b>Sim</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>Tansig, Tainln</b>	<b>-0,482</b>	<b><math>\pm 0,0870</math></b>	<b>5,59</b>	<b>0,001</b>
11	$\varphi, \lambda, H$	[18 6 1]	Não	30	70	Tansig, Tainln	-		-	0,001
12	$\varphi, \lambda, H$	[30 10 1]	Sim	30	70	Tansig, Tainln	-0,223	$\pm 0,0912$	5,86	0,001
13	$\varphi, \lambda, H$	[45 15 1]	Não	30	70	Tansig, Tainln	-0,222	$\pm 0,1560$	10,02	0,001
14	$\varphi, \lambda, H$	[90 30 1]	Sim	30	70	Tansig, Tainln	1,029	$\pm 0,1125$	7,23	0,001
15	$\varphi, \lambda, H$	[18 1 1]	Não	30	70	Tansig, Tainln	-		-	0,001
16	$\varphi, \lambda, H$	[90 30 1]	Sim	30	70	Tansig, Tainln	-		-	0,001
17	$\varphi, \lambda, H$	[18 1 1]	Não	30	70	Tansig, Tainln	-		-	0,0001
18	$\varphi, \lambda, H$	[60 20 1]	Não	30	70	Tansig, Tainln	-		-	0,0001

O tempo de processamento de treinamento variou entre 5min e 53min. O número de neurônios por camadas foi obtido de forma experimental até se obter o número de neurônios em cada camada que forneça a precisão esperada, a qual foi tomada baseada no modelo obtido pela *krigagem*, com desvio padrão de 4,59 mGal.

Uma vez treinada a RNAM, e definidas as melhores arquiteturas, a mesma pode ser usada para generalizar as anomalias ar-livre em função dos elementos de entrada (figura 26).

FIGURA 26 – INTEGRAÇÃO DE ANOMALIAS AR-LIVRE OBTIDAS PELA TÉCNICA DE RNAM (mGal)



As análises de comparação de desempenho entre as arquiteturas testadas foram feitas mediante o cálculo da média e do desvio padrão das diferenças entre as anomalias ar-livre conhecidas nos pontos de verificação, as quais não fizeram parte do treinamento da rede, e as saídas (anomalias interpoladas) fornecidas pela rede para

estes mesmos pontos, como pode ser visto no quadro 10, isto é, as verificações foram executadas com respeito às grades generalizadas pela RNAM.

Com estes resultados foi possível comparar a qualidade da grade de saída de melhor desempenho obtida pela técnica de RNAM (figuras 27 e 28), em relação à grade obtida pela *krigagem* conforme quadro 11.

FIGURA 27 – COMPARAÇÃO QUALITATIVA DAS GRADES OBTIDAS PELA TÉCNICA DE RNAM (a) E KRIGAGEM (b) em mGal.

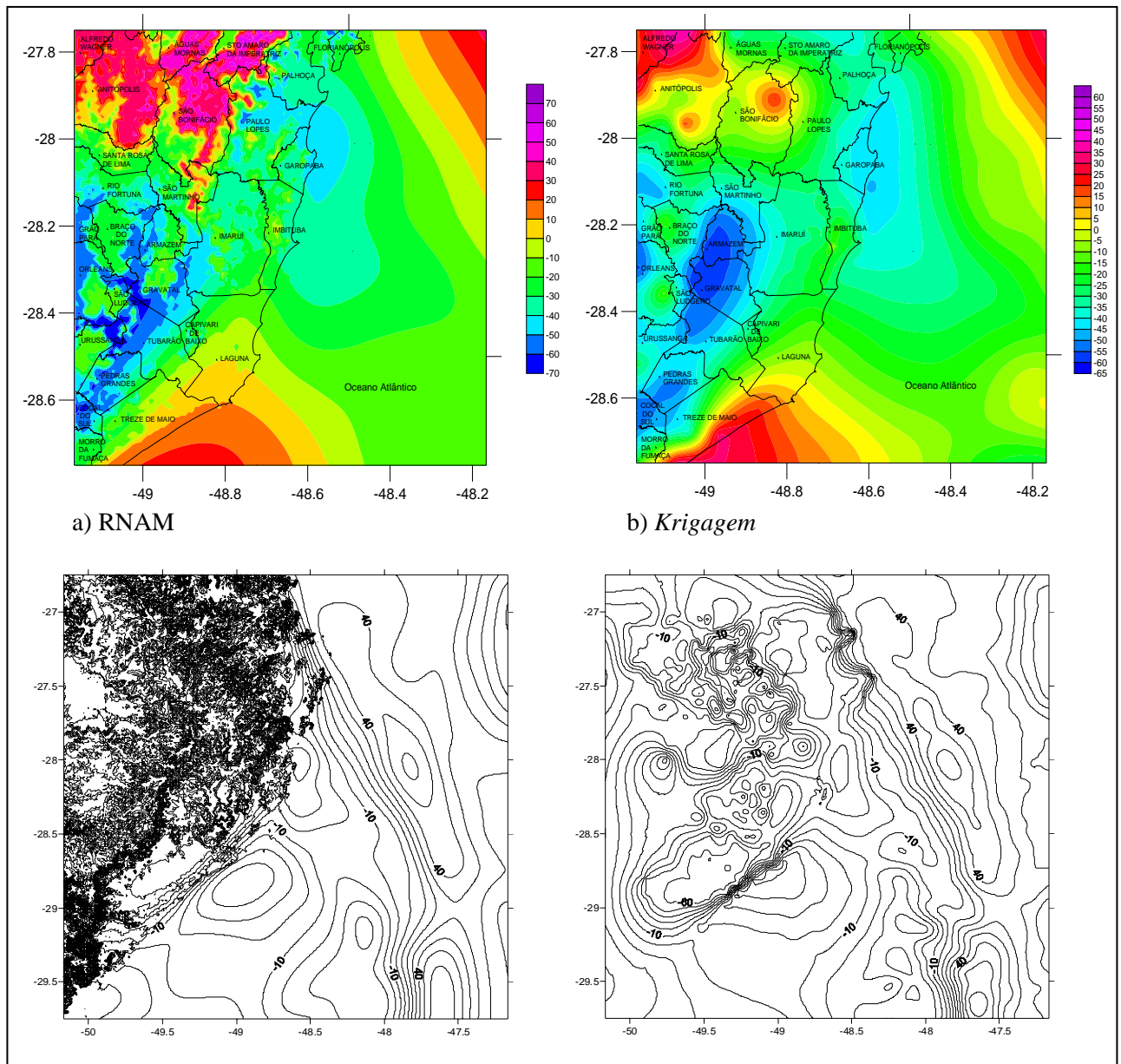
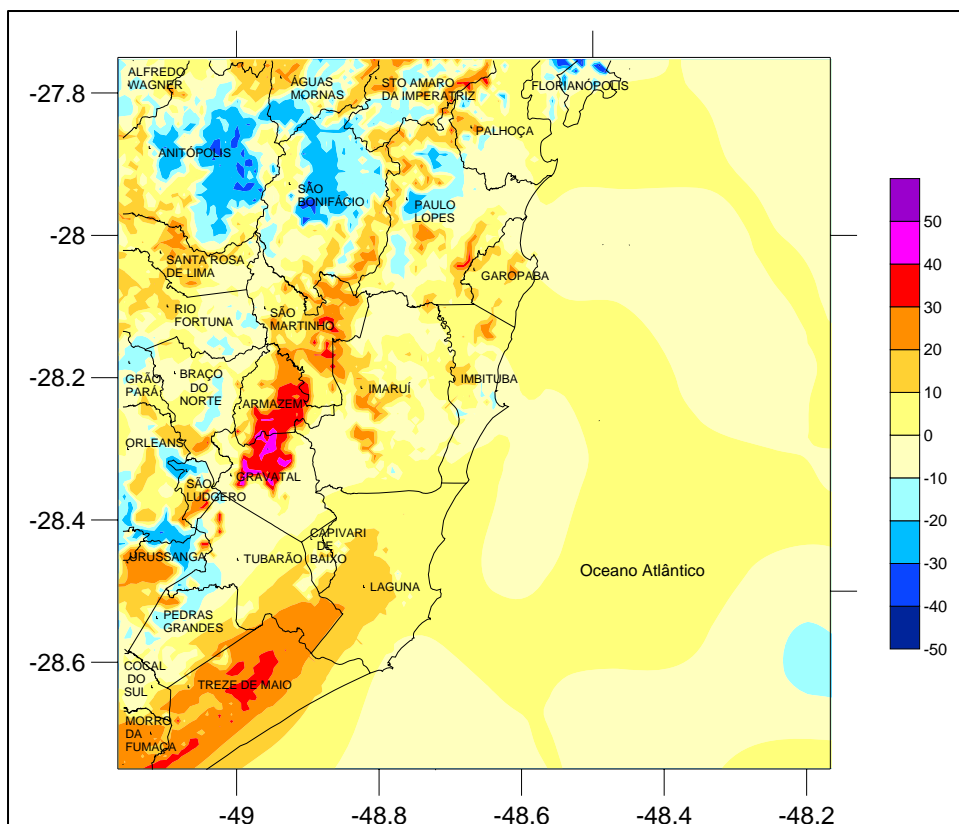


FIGURA 28 – RESÍDUOS REFERENTES A DIFERENÇA ENTRE A GRADE OBTIDA PELA TÉCNICA DE RNAME E *KRIGAGEM* em mGal.



QUADRO 11 – COMPARAÇÃO QUANTITATIVA DAS GRADES OBTIDAS PELA TÉCNICA DE RNA E *KRIGAGEM* – mGal

Processo	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Anomalias ar-livre - <i>krigagem</i>	0,031	$\pm 0,0598$	4,59	-49,0902	60,4888
Anomalias ar-livre - RNA – Experimento 10	-0,482	$\pm 0,0870$	5,59	-70,6628	51,8843

Nota-se, ao analisar a figura 27, que a grade gerada pelo processo de interpolação *krigagem* difere da obtida pela técnica de RNAME. Isso deve-se a *krigagem* suavizar a superfície do terreno durante o processo de interpolação a partir dos dados amostrais, pois realiza uma média dos valores das amostras, ocultando dessa forma valores de máximo e mínimo, deixando o terreno mais homogêneo.

A RNAME apresenta uma melhor variabilidade para o terreno (figura 27), porém apresenta um desvio padrão inferior ao método de interpolação *krigagem*

(quadro 11), isso devido a falta de reconhecimento do contexto onde estão inserido os pontos de anomalias ar-livre. Portanto a inserção de novas variáveis poderá contribuir para a caracterização do contexto do ambiente onde estão os pontos com as anomalias.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

Foram reunidas informações (latitude, longitude, altitude, gravidade e anomalias ar-livre e Bouguer) de 916 estações, distribuídas na região de estudos, um modelo digital de elevação referente a uma área três vezes maior que a de interesse, bem como a aquisição de bases cartográficas da região e do modelo de anomalias ar-livre KMS2002. Essa quantidade de dados se mostrou importante visto que mais de 10% dos dados da parte continental tiveram de ser rejeitados por apresentarem inconsistência nas observações.

Apesar da quantidade de dados disponíveis, verificaram-se vazios devido a falta de informações em algumas regiões, em particular nas áreas próximas ao Porto de Imbituba, bem como em áreas serranas e de reservas ambientais, conforme pode ser visto na figura (9).

Em relação a RNA, teve o seu uso indicado em função da capacidade de treinamento e generalização no que se refere a interpolação e integração de diferentes variáveis para caracterização das anomalias ar-livre continente-oceano.

A definição da arquitetura da rede, por ser experimental, foi sem dúvida a etapa de maior dificuldade na modelagem, pois sua definição resultou da aplicação de 18 testes.

A etapa da coleta dos elementos amostrais de treinamento para a RNAM é fundamental para que a rede forneça resultados coerentes, pois existe uma dependência direta do erro alcançado no treinamento e o desempenho da RNA na etapa de generalização.

O resultado da RNAM com o uso de duas variáveis (latitude e longitude) não discretizou bem a área representada, indicando a necessidade da inclusão de mais uma variável de entrada, a altitude. Com a inclusão desta variável, a RNAM apresentou os primeiros resultados, e para alguns casos, a precisão da anomalia ar-livre obtida foi na ordem de 10,92 mGal. Com a mudança da arquitetura da rede (foram

testadas 18 diferentes configurações), o melhor resultado obtido foi de 5,59 mGal, referente ao experimento 10, cuja arquitetura é [60 20 1]. Quando utilizou-se o interpolador *krigagem* para o mesmo conjunto de dados, chegou-se a uma precisão de 4,59 mGal.

O uso do DEM SRTM SAM\_30s na generalização da RNAM fez com que a rede tivesse um maior nível de detalhamento sobre as características complexas da área, entretanto, da inclusão da variável altitude fez com que as iso-anômalas apresentassem “ruídos” na parte continental, acarretando num comportamento menos suave, ou seja, a RNAM teve maior oscilação e tornou-se mais instável, porém os testes demonstraram que mesmo com o uso desta variável pode-se obter melhorias nos resultados finais da RNAM.

O DEM SRTM SAM\_30s foi utilizado com êxito nos cálculos dos efeitos direto e indireto, apresentando resultados coerentes com a topografia local.

O efeito indireto apresentou valores em torno de 4 cm em módulo. Já a correção de terreno apresentou resultados consideráveis, com valores superiores a 9 mGal em algumas regiões, inferindo, assim, um erro dessa magnitude quando da negligência deste termo na correção de Bouguer.

Outra consideração a ser feita em relação à correção de terreno, refere-se ao programa *TCFour*. Fica claro, ao visualizar a figura (22), que o mesmo apresenta distorções nas bordas da área de cálculo, chegando, neste caso, a uma distorção superior a 200 mGal. Para contornar este problema utilizou-se um modelo de elevação de uma área superior à que se desejava obter valores deste efeito.

Embora a anomalia Bouguer não tenha aplicação direta no cálculo do geóide, um dos objetivos da reunião de dados realizada neste trabalho, a mesma foi determinada buscando oferecer subsídios para o cálculo da anomalia ar-livre a partir desta.

Para a geração dos modelos digitais dos efeitos direto e indireto do terreno, bem como das anomalias Bouguer completa e incompleta, foi utilizado o interpolador *krigagem*, visto que neste contexto apresentou resultados melhores (quadro 11) que os testes realizados com a RNAM na predição de anomalias ar-livre.



Por fim, todos os dados calculados neste trabalho estão organizados num arquivo digital (APÊNDICE), permitindo, assim, agilidade no processo de busca e confiabilidade das informações quanto a fonte dos dados, além de poderem ser visualizados por meio dos modelos digitais gerados.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

- Continuar com os levantamentos gravimétricos usando posicionamento GPS nas regiões serranas, de preservação ambiental, bem como em áreas afastadas mais de 10 km do Porto de Imbituba, onde se localiza o marégrafo;
- Organizar as informações referentes aos cálculos e modelos num banco de dados geodésicos, de modo a se poder relacionar e visualizar estas informações de forma integrada;
- Analisar a possibilidade da inclusão de outras variáveis de entrada para o treinamento da RNA para predição de anomalias ar-livre, como: gravidade normal e correção ar-livre, buscando melhores resultados no cálculo desta;
- Aplicar a técnica de RNA para predição das anomalias Bouguer testando como variáveis de entrada: latitude, longitude, altitude ortométrica, densidade média, correção de terreno, gravidade normal e correção Bouguer, analisando dessa forma a influência dessas variáveis sobre a modelagem dessa anomalia.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, O. B; KNUDSEN, P. Global Marine Gravity Fiel from the ERS-1 and GEOSAT Geodetic Mission Altimetry. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, n. C4, pp. 8129-8137,1998.

BLITZKOW, D. A. **O Problema do valor de contorno na Geodéisa – Resultados práticos para a América do Sul**. Tese. Depto. de Engenharia de Transportes – USP. São Paulo, 1996;

BOTELHO, M. F. (2005). Universidade Federal do Paraná – UFPR – Doutorando do programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – mfbotelho@yahoo.com.br

BURROUGH, P. A. (1986). **Principles of geographic information system for land resources assessment**. New York: Oxford University Press, 194 pp.

CAMPOS, S. P. et al. **Obtenção de modelo digital de elevação utilizando o SURFER 5.0 com dados importados do SIG IDRISI-4.1**. Botucatu, 1997. Disponível em <http://www.fca.unesp.br/posgradua/Energia/revista/V12N3-97/sergio2.pdf>. Acessado em outubro de 2004.

CINTRA, J. P. **Modelagem digital de terrenos (automação topográfica)**. Apostila. São Paulo, 1988. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DALAZOANA, R. **Conexão de redes verticais e adoção de um Datum altimétrico unificado**: Caracterização do Problema e Aspectos Relacionados ao Datum Vertical Brasileiro. Curitiba, 2003. 43pp. Seminário II - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR;

DALAZOANA, R. et al. **Controle vertical das RRNN e da posição geocêntrica do marégrafo no Porto de Imbituba.** In: IV COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 18 a 20 de maio de 2005, Curitiba, Brasil. **Anais.** Brasil:2005CD-ROM;

DALAZOANA, R. **Estudos dirigidos à análise temporal do Datum Vertical Brasileiro.** Curitiba, 2005. 188pp. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR;

FEATHERSTONE, W.E., KEARSLEY, A.H.W. & GILLILAND, J.R. **Data Preparations for a new Australian Gravimetric Geoid.** The Australian Surveyor, Canberra, 42 (1): pp. 33-43, 1997.

FELGUEIRAS, C. A. **Geoprocessamento: teoria e aplicações – modelagem numérica de terreno.** INPE, 2001. Capítulo 6 – Análise espacial de dados geográficos. Livro online. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>, 1999. Acessado em março de 2004.

FREITAS, S. R. C. de. (Coordenador). **Conexão de redes geodésicas verticais – Parte 1.** Curitiba: UPPR. 2002. Projeto em andamento.

FREITAS, S. R. C. de et al. **Concepção dos levantamentos gravimétricos para o estabelecimento de rede gravimétrica de alta precisão no Estado do Paraná.** In: SÉRIE EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS, v 2 – PESQUISAS EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS, pp. 41-56. Curitiba, 2002;

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Física.** UFPR. Curitiba, 1999. 302pp;

HAMMER, S. **Terrain corrections for gravimeter stations.** Geophysics, v. 4, pp. 184-194, 1939.

HAYKIN, S. **Redes neurais – princípios e prática**. Trad. Paulo Martins Engel. 2 ed. Porto Alegre, 2001. Bookman, 891 pp.

HEISKANEN, W. A.; MORITZ, H. **Physical Geodesy**. San Francisco: Freeman and Co., 1967.

HEISKANEN, W. A.; MORITZ, H. **Geodesia Física**. Instituto Geográfico Nacional, Madri, Espanha, 371pp, 1985.

INPE (2005). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Spring – modelagem numérica de terreno**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/spring.html> Acessado em: dezembro de 2005.

KIRBY, J.F. & FEATHERSTONE, W.E. **Terrain Correcting Australian Gravity Observations using the National Digital Elevation Model and the Fast Fourier Transform**. Australian Journal of Earth Sciences 46: pp. 555–562. 1999.

LI, Y.C. & SIDERIS, M.G. **Notes on micro-barometer elevation determinations**. Exploration Geophysics, 15(1), pp. 53-59. 1994.

MATLAB. (1998). **User`s Guide – Neural Network Toolbox**, version 3.0. Mth Works.

MATLAB.(2004). **User`s Guide – Neural Network Toolbox**, version 3.0. Mth Works.

MATOS, A. C. O. C de. **Implementação de modelos digitais de terreno para aplicações na área de Geodésia e geofísica na América do Sul**. São Paulo, 2005. 355pp. Tese. Depto. de Engenharia de Transportes – USP.

MIRÓNOV, V.S. **Curso de prospección gravimétrica**. Espanha, 1977.

PETTINATI, F. **Modelamento digital e representação gráfica de superfícies**. Dissertação – Mestrado (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), São Paulo, 1983, 67pp.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes - fundamentos e aplicações**. São Paulo, 2003. Editora Manole Ltda. 525 pp.

RIBEIRO, S. R. A. **Integração de imagens LANDSAT TM e dados auxiliares para a delimitação automática de unidades fisionômicas usando Redes Neurais Artificiais**. Curitiba, 2003, 160 pp. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná.

SÁ, N.C. de **Redução de Observações Gravimétricas – Teoria e Prática, Relatório Técnico**. Instituto Astronômico e Geofísico (IAG/USP), São Paulo, 1994. 90pp.

SANTOS, N. P. **Determinação gravimétrica das ondulações geoidais na região do município do Rio de Janeiro**. Observatório Nacional, RJ, 1997.

SANTOS JR, G. **Rede gravimétrica: novas perspectivas de ajustamento, análise de qualidade e integração de dados gravimétricos**. Curitiba, 2005, 172pp. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

SEIGEL, H. O. **A guide to high precision land gravimeter survey**. Canadá, 1995.

SILVA JR, J. S. et. al. **O gravímetro digital Scintrex e sua aplicação em levantamentos gravimétricos de alta precisão**. 2002. Disponível em: [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/GeoColoq\\_2003/artigos/T097.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/GeoColoq_2003/artigos/T097.pdf).

Acesso em: 06/04/2005.

SOUZA, E. C. B de. **Análises temporais de alta precisão utilizando GPS para avaliação das variações volumétricas ocorridas no istmo da Ilha do Mel.** Curitiba, 2002, 149pp.. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

SOUZA, E. C. B de. **Modelagem do relevo oceânico usando RNA.** Curitiba, 2006, 223pp.. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

SUBIZA, W. **A determinação de um Modelo Geoidal de Precisão para o Uruguai.** Curitiba, 2000, 161pp. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

SURFER (1999). **User's Guide. Golden Software Inc. USA.**

SURFER (2004). **User's Guide. Golden Software Inc. USA.**

TAFNER, M. A. et al. **Redes Neurais Artificiais – Introdução e princípios de neurocomputação.** Blumenau. Ed. EKO, 1996.

TIERRA, A. R. T. **Metodologia para a geração da malha de anomalias gravimétricas para obtenção de geóide gravimétrico local a partir de dados esparsos.** Curitiba, 2003. 140pp. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR;

TORGE, W. **Geodésia.** México. Ed. Diana, 1983;

VEIGA, L. A. K. **Cálculo de declividade em modelos digitais do terreno.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996, 169 pp.

WANDRESEN, R. **Integração entre redes neurais e correlação para identificar pontos de apoio pré-sinalizados.** Curitiba, 2004, 141pp.. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

**APÊNDICE – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB**  
continua

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
1	-27,001500	-49,023600	253,070	978989,458	979097,759	-0,003661	78,097	28,319	-30,204	0,356	2,8191	-28,674	-58,878	-25,855	-56,059
2	-27,002860	-49,306020	107,030	979017,800	979097,858	-0,000655	33,029	11,977	-47,029	0,093	1,4288	-12,069	-59,098	-10,641	-57,669
3	-27,003440	-49,858220	633,870	978912,790	979097,901	-0,022968	195,612	70,930	10,502	0,807	0,3099	-71,737	-61,236	-71,427	-60,926
4	-27,003580	-49,418880	210,190	978997,550	979097,911	-0,002526	64,865	23,520	-35,496	0,278	1,7288	-23,799	-59,295	-22,070	-57,566
5	-27,005020	-49,373720	83,000	979022,760	979098,016	-0,000394	25,614	9,288	-49,642	0,066	2,2207	-9,354	-58,996	-7,133	-56,776
6	-27,005110	-49,604690	251,980	978983,750	979098,023	-0,003630	77,761	28,197	-36,512	0,354	1,5247	-28,550	-65,062	-27,025	-63,537
7	-27,005600	-49,033300	163,690	979010,078	979098,059	-0,001532	50,515	18,317	-37,466	0,195	2,0776	-18,512	-55,977	-16,434	-53,900
8	-27,006110	-49,908020	638,590	978914,400	979098,096	-0,023312	197,069	71,458	13,373	0,811	0,4362	-72,269	-58,896	-71,833	-58,460
9	-27,006630	-49,542110	213,970	978993,170	979098,134	-0,002617	66,031	23,943	-38,933	0,285	2,3240	-24,228	-63,161	-21,904	-60,837
10	-27,009720	-49,976770	661,110	978908,560	979098,359	-0,024985	204,019	73,978	14,219	0,829	0,2954	-74,807	-60,588	-74,512	-60,293
11	-27,012610	-49,793830	519,570	978935,570	979098,571	-0,015432	160,339	58,140	-2,661	0,716	0,6470	-58,856	-61,517	-58,209	-60,870
12	-27,013580	-49,666860	412,510	978953,750	979098,641	-0,009727	127,301	46,160	-17,591	0,543	0,9137	-46,702	-64,293	-45,789	-63,380
13	-27,013970	-49,734770	639,900	978905,010	979098,670	-0,023407	197,473	71,605	3,813	0,812	1,0383	-72,417	-68,604	-71,378	-67,565
14	-27,048000	-49,001300	232,030	978990,886	979101,157	-0,003078	71,604	25,964	-38,667	0,318	2,6512	-26,282	-64,949	-23,631	-62,297
15	-27,050520	-49,480750	390,490	978966,630	979101,342	-0,008717	120,505	43,696	-14,206	0,512	1,2233	-44,208	-58,415	-42,985	-57,191
16	-27,051300	-49,622900	261,620	978985,562	979101,399	-0,003913	80,736	29,275	-35,101	0,371	1,9752	-29,646	-64,747	-27,671	-62,772
17	-27,053000	-49,511100	150,670	979012,236	979101,523	-0,001298	46,497	16,860	-42,790	0,171	2,7641	-17,031	-59,821	-14,267	-57,057
18	-27,053410	-49,423860	138,320	979014,860	979101,553	-0,001094	42,686	15,478	-44,007	0,149	2,0081	-15,627	-59,634	-13,619	-57,626
19	-27,056440	-49,660910	275,380	978980,560	979101,775	-0,004335	84,982	30,815	-36,232	0,396	2,0177	-31,211	-67,443	-29,193	-65,425
20	-27,056500	-49,516300	149,950	979013,098	979101,779	-0,001285	46,275	16,779	-42,406	0,170	1,9274	-16,949	-59,356	-15,022	-57,428
21	-27,058300	-49,844800	546,680	978939,960	979101,911	-0,017084	168,705	61,173	6,755	0,737	0,4021	-61,911	-55,156	-61,509	-54,754
22	-27,058630	-49,546610	187,410	979005,010	979101,935	-0,002008	57,835	20,971	-39,090	0,237	1,4888	-21,209	-60,299	-19,720	-58,810
23	-27,058750	-49,378660	127,700	979016,060	979101,944	-0,000932	39,408	14,290	-46,475	0,130	1,5353	-14,419	-60,895	-12,884	-59,359
24	-27,061400	-49,007400	61,280	979023,256	979102,137	-0,000215	18,911	6,857	-59,970	0,049	3,0980	-6,906	-66,877	-3,808	-63,779
25	-27,063330	-49,791490	557,190	978933,280	979102,279	-0,017747	171,949	62,350	2,950	0,746	0,4208	-63,095	-60,145	-62,675	-59,724
26	-27,065250	-49,605660	297,920	978980,270	979102,419	-0,005074	91,938	33,337	-30,211	0,436	2,2859	-33,774	-63,984	-31,488	-61,698
27	-27,065380	-49,968720	635,570	978924,160	979102,429	-0,023092	196,137	71,120	17,868	0,808	0,6669	-71,929	-54,060	-71,262	-53,393
28	-27,066130	-49,918220	355,250	978981,730	979102,483	-0,007214	109,630	39,752	-11,123	0,484	1,6288	-40,237	-51,360	-38,608	-49,731
29	-27,069410	-49,733440	290,410	978981,580	979102,723	-0,004821	89,621	32,497	-31,523	0,423	1,8964	-32,920	-64,442	-31,023	-62,546
30	-27,078330	-49,305360	219,170	978996,480	979103,376	-0,002746	67,636	24,525	-39,260	0,295	1,4682	-24,820	-64,080	-23,351	-62,612



QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
31	-27,097500	-49,457199	116,800	979019,600	979104,779	-0,000780	36,044	13,070	-49,135	0,110	6,1209	-13,180	-62,315	-7,059	-56,194
32	-27,103410	-49,375470	194,580	979005,250	979105,212	-0,002164	60,047	21,774	-39,915	0,250	1,8712	-22,024	-61,938	-20,153	-60,067
33	-27,110170	-49,967970	349,800	978992,200	979105,707	-0,006995	107,948	39,143	-5,559	0,480	1,1250	-39,622	-45,181	-38,497	-44,056
34	-27,111500	-49,793330	481,060	978951,150	979105,804	-0,013229	148,455	53,831	-6,199	0,666	0,3096	-54,497	-60,696	-54,187	-60,386
35	-27,112040	-49,977030	343,910	978993,650	979105,844	-0,006761	106,131	38,484	-6,063	0,475	1,0362	-38,959	-45,022	-37,922	-43,986
36	-27,113450	-49,984590	342,460	978994,370	979105,947	-0,006704	105,683	38,321	-5,894	0,474	1,2578	-38,795	-44,689	-37,537	-43,432
37	-27,114110	-49,486380	423,150	978958,960	979105,996	-0,010236	130,584	47,350	-16,452	0,562	0,8124	-47,912	-64,364	-47,100	-63,551
38	-27,114360	-49,617940	486,710	978946,280	979106,014	-0,013541	150,199	54,463	-9,535	0,676	2,8799	-55,139	-64,674	-52,259	-61,794
39	-27,115410	-49,546250	350,130	978971,470	979106,091	-0,007008	108,050	39,180	-26,571	0,480	1,3299	-39,660	-66,230	-38,330	-64,900
40	-27,116910	-49,316360	344,940	978975,020	979106,201	-0,006802	106,448	38,599	-24,732	0,476	2,3690	-39,075	-63,807	-36,706	-61,438
41	-27,117240	-49,433020	152,290	979017,300	979106,225	-0,001326	46,997	17,041	-41,928	0,174	4,2432	-17,215	-59,144	-12,972	-54,900
42	-27,117370	-49,964880	344,150	978994,080	979106,234	-0,006771	106,205	38,510	-5,950	0,475	0,6400	-38,986	-44,935	-38,346	-44,295
43	-27,117750	-49,668800	718,930	978896,690	979106,262	-0,029546	221,862	80,448	12,290	0,894	1,5020	-81,342	-69,053	-79,840	-67,551
44	-27,118020	-49,915270	355,990	978987,270	979106,282	-0,007244	109,859	39,835	-9,154	0,485	0,7241	-40,320	-49,474	-39,596	-48,750
45	-27,118300	-49,993620	345,800	978995,590	979106,303	-0,006836	106,714	38,695	-3,999	0,477	0,8737	-39,172	-43,170	-38,298	-42,297
46	-27,120500	-49,962630	357,280	978987,230	979106,464	-0,007297	110,257	39,980	-8,977	0,486	0,5494	-40,465	-49,443	-39,916	-48,893
47	-27,120830	-49,846220	467,310	978958,450	979106,488	-0,012483	144,212	52,292	-3,826	0,641	0,4175	-52,933	-56,759	-52,516	-56,342
48	-27,122000	-49,725080	598,780	978920,760	979106,574	-0,020496	184,784	67,003	-1,030	0,779	0,5222	-67,783	-68,813	-67,260	-68,290
49	-27,124100	-49,959270	345,830	978995,240	979106,727	-0,006837	106,723	38,698	-4,764	0,477	0,6374	-39,175	-43,939	-38,538	-43,302
50	-27,127650	-49,951670	346,380	978995,800	979106,988	-0,006859	106,893	38,760	-4,295	0,477	0,7859	-39,237	-43,532	-38,451	-42,746
51	-27,128400	-49,011600	84,970	979034,681	979107,043	-0,000413	26,222	9,508	-46,140	0,068	1,3856	-9,576	-55,716	-8,191	-54,330
52	-27,130280	-49,940550	343,300	978996,430	979107,180	-0,006737	105,942	38,415	-4,808	0,475	0,5094	-38,890	-43,698	-38,381	-43,188
53	-27,130501	-49,238098	705,600	978909,500	979107,196	-0,028460	217,748	78,957	20,052	0,870	1,2793	-79,827	-59,775	-78,547	-58,496
54	-27,131500	-49,958801	345,600	978994,300	979107,270	-0,006828	106,652	38,673	-6,318	0,476	0,7199	-39,149	-45,467	-38,429	-44,747
55	-27,132150	-49,949100	344,320	978996,840	979107,317	-0,006777	106,257	38,529	-4,220	0,475	0,6752	-39,005	-43,225	-38,330	-42,550
56	-27,132930	-49,933460	341,980	978997,220	979107,374	-0,006685	105,535	38,268	-4,619	0,474	0,6009	-38,741	-43,361	-38,140	-42,760
57	-27,133300	-49,061300	236,540	979001,011	979107,402	-0,003198	72,996	26,469	-33,394	0,326	3,7368	-26,795	-60,189	-23,058	-56,452
58	-27,135700	-49,079498	458,900	978957,300	979107,577	-0,012038	141,617	51,351	-8,661	0,626	3,7065	-51,977	-60,638	-48,270	-56,931
59	-27,139230	-49,929870	342,610	978996,460	979107,836	-0,006710	105,729	38,338	-5,647	0,474	0,6327	-38,812	-44,459	-38,179	-43,826
60	-27,149520	-49,919170	344,390	978997,880	979108,590	-0,006780	106,279	38,537	-4,432	0,476	0,4878	-39,013	-43,444	-38,525	-42,957

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
61	-27,149670	-49,880320	351,150	978992,730	979108,601	-0,007049	108,365	39,294	-7,507	0,481	0,6218	-39,775	-47,281	-39,153	-46,659
62	-27,150260	-49,897470	345,290	978994,670	979108,645	-0,006815	106,556	38,638	-7,418	0,476	0,5073	-39,114	-46,532	-38,607	-46,025
63	-27,150500	-49,928750	342,460	978998,660	979108,662	-0,006704	105,683	38,321	-4,319	0,474	0,5030	-38,795	-43,114	-38,292	-42,611
64	-27,152190	-49,914100	355,820	978995,090	979108,786	-0,007237	109,806	39,816	-3,890	0,485	0,4931	-40,301	-44,191	-39,808	-43,698
65	-27,152570	-49,904510	349,030	978995,350	979108,814	-0,006964	107,711	39,056	-5,753	0,479	0,5532	-39,536	-45,289	-38,982	-44,736
66	-27,153230	-49,874230	341,710	978994,110	979108,862	-0,006675	105,452	38,237	-9,301	0,473	0,5198	-38,711	-48,011	-38,191	-47,492
67	-27,153190	-49,869190	352,620	978991,050	979108,860	-0,007108	108,819	39,458	-8,991	0,482	0,5115	-39,940	-48,931	-39,429	-48,420
68	-27,153810	-49,889870	346,110	978994,660	979108,905	-0,006848	106,810	38,730	-7,435	0,477	0,4579	-39,207	-46,642	-38,749	-46,184
69	-27,154100	-49,865002	352,600	978990,100	979108,926	-0,007107	108,812	39,456	-10,014	0,482	0,5254	-39,938	-49,952	-39,413	-49,427
70	-27,156460	-49,882780	360,040	978991,140	979109,099	-0,007410	111,108	40,288	-6,851	0,488	0,4847	-40,777	-47,627	-40,292	-47,143
71	-27,158990	-49,860050	347,680	978991,140	979109,285	-0,006910	107,294	38,905	-10,851	0,478	0,5802	-39,384	-50,234	-38,803	-49,654
72	-27,160490	-49,357190	577,660	978935,970	979109,395	-0,019075	178,266	64,640	4,841	0,762	0,8113	-65,402	-60,561	-64,591	-59,750
73	-27,164410	-49,673190	688,940	978906,110	979109,682	-0,027132	212,607	77,092	9,035	0,851	0,9019	-77,944	-68,909	-77,042	-68,007
74	-27,164500	-49,487380	401,720	978968,680	979109,689	-0,009225	123,971	44,952	-17,038	0,523	1,5027	-45,476	-62,514	-43,973	-61,011
75	-27,164900	-49,557499	345,100	978980,500	979109,718	-0,006808	106,498	38,617	-22,720	0,476	1,3103	-39,093	-61,813	-37,782	-60,503
76	-27,165690	-49,600410	342,790	978980,600	979109,776	-0,006717	105,785	38,358	-23,391	0,474	1,7216	-38,832	-62,224	-37,111	-60,502
77	-27,166380	-49,118020	132,560	979019,900	979109,827	-0,001004	40,908	14,833	-49,019	0,139	5,6383	-14,972	-63,991	-9,334	-58,353
78	-27,166900	-49,541700	339,740	978978,906	979109,865	-0,006598	104,844	38,017	-26,115	0,472	0,9869	-38,489	-64,604	-37,502	-63,617
79	-27,167010	-49,847850	347,340	978990,280	979109,873	-0,006897	107,189	38,867	-12,404	0,478	0,6254	-39,345	-51,749	-38,720	-51,124
80	-27,167600	-49,966700	395,150	978985,127	979109,916	-0,008926	121,943	44,217	-2,846	0,516	0,7719	-44,733	-47,579	-43,962	-46,807
81	-27,167550	-49,545020	332,930	978980,130	979109,913	-0,006336	102,742	37,255	-27,040	0,466	1,0010	-37,721	-64,762	-36,720	-63,761
82	-27,168050	-49,864490	342,050	978993,470	979109,949	-0,006688	105,557	38,275	-10,923	0,474	0,4828	-38,749	-49,672	-38,266	-49,189
83	-27,169720	-49,911520	352,870	978991,780	979110,072	-0,007118	108,896	39,486	-9,396	0,482	0,5205	-39,968	-49,365	-39,448	-48,844
84	-27,170020	-49,720080	580,640	978927,060	979110,094	-0,019272	179,186	64,974	-3,848	0,765	0,8969	-65,738	-69,586	-64,841	-68,690
85	-27,170690	-49,856390	353,390	978990,050	979110,143	-0,007139	109,056	39,544	-11,037	0,483	0,5340	-40,027	-51,064	-39,493	-50,530
86	-27,172220	-49,303550	520,890	978948,000	979110,255	-0,015510	160,747	58,288	-1,509	0,717	0,7905	-59,004	-60,513	-58,214	-59,722
87	-27,173270	-49,845050	343,880	978987,370	979110,332	-0,006760	106,121	38,480	-16,841	0,475	0,5887	-38,955	-55,796	-38,367	-55,207
88	-27,173690	-49,786990	351,960	978984,860	979110,363	-0,007081	108,615	39,384	-16,888	0,482	0,4889	-39,866	-56,754	-39,377	-56,265
89	-27,174600	-49,001100	49,500	979045,577	979110,430	-0,000140	15,276	5,539	-49,577	0,040	1,3902	-5,579	-55,156	-4,188	-53,765
90	-27,175610	-49,426330	598,000	978933,160	979110,504	-0,020442	184,543	66,916	7,199	0,778	1,8191	-67,695	-60,496	-65,876	-58,677

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
91	-27,175690	-49,963800	398,350	978985,390	979110,510	-0,009071	122,931	44,575	-2,189	0,519	0,6881	-45,094	-47,283	-44,406	-46,595
92	-27,176020	-49,845240	352,740	978989,830	979110,534	-0,007113	108,856	39,472	-11,848	0,482	0,5659	-39,954	-51,802	-39,388	-51,236
93	-27,177180	-49,822510	359,230	978988,070	979110,619	-0,007377	110,858	40,198	-11,691	0,487	0,6064	-40,685	-52,376	-40,079	-51,769
94	-27,178140	-49,829570	342,380	978991,980	979110,689	-0,006701	105,658	38,312	-13,051	0,474	0,7131	-38,786	-51,837	-38,073	-51,124
95	-27,179570	-49,838640	340,420	978992,980	979110,794	-0,006625	105,054	38,093	-12,761	0,472	0,7489	-38,565	-51,326	-37,816	-50,577
96	-27,183500	-49,110500	84,430	979037,180	979111,083	-0,000407	26,055	9,448	-47,848	0,068	5,0043	-9,515	-57,363	-4,511	-52,359
97	-27,183940	-49,820430	358,100	978989,080	979111,115	-0,007330	110,510	40,071	-11,525	0,068	0,4783	-40,139	-51,664	-39,661	-51,186
98	-27,188840	-49,812800	348,610	978991,330	979111,475	-0,006947	107,581	39,009	-12,564	0,068	0,5356	-39,077	-51,641	-38,541	-51,105
99	-27,189100	-49,522700	336,060	978984,567	979111,494	-0,006456	103,708	37,605	-23,219	0,068	1,5624	-37,673	-60,891	-36,110	-59,329
100	-27,191020	-49,803690	338,090	978993,600	979111,635	-0,006534	104,335	37,832	-13,700	0,068	0,6351	-37,900	-51,600	-37,265	-50,965
101	-27,194560	-49,795580	337,490	978993,830	979111,894	-0,006511	104,149	37,765	-13,915	0,068	0,7809	-37,833	-51,748	-37,052	-50,967
102	-27,198080	-49,785450	339,320	978993,520	979112,153	-0,006582	104,714	37,970	-13,919	0,068	1,1735	-38,037	-51,956	-36,864	-50,783
103	-27,200001	-49,164501	733,400	978906,600	979112,294	-0,030747	226,327	82,067	20,634	0,920	3,6499	-82,988	-62,354	-79,338	-58,704
104	-27,200100	-49,074400	61,980	979045,230	979112,301	-0,000220	19,127	6,936	-47,944	0,050	4,2186	-6,985	-54,929	-2,767	-50,711
105	-27,202600	-49,152600	101,510	979035,787	979112,485	-0,000589	31,326	11,359	-45,372	0,083	3,6519	-11,442	-56,813	-7,790	-53,161
106	-27,205690	-49,778300	343,820	978992,490	979112,711	-0,006757	106,103	38,473	-14,119	0,475	0,9833	-38,949	-53,067	-37,965	-52,084
107	-27,207430	-49,770200	336,670	978993,600	979112,839	-0,006479	103,896	37,673	-15,343	0,469	1,1633	-38,143	-53,485	-36,979	-52,322
108	-27,208730	-49,764130	351,390	978990,190	979112,935	-0,007058	108,439	39,321	-14,306	0,481	0,9462	-39,802	-54,107	-38,855	-53,161
109	-27,209500	-49,749990	340,450	978990,590	979112,991	-0,006626	105,063	38,096	-17,338	0,472	0,9854	-38,569	-55,907	-37,583	-54,922
110	-27,211470	-49,551720	693,530	978910,800	979113,136	-0,027495	214,023	77,606	11,688	0,855	2,1428	-78,461	-66,773	-76,318	-64,630
111	-27,212170	-49,745920	338,950	978991,430	979113,187	-0,006567	104,600	37,929	-17,157	0,471	1,0268	-38,400	-55,557	-37,373	-54,530
112	-27,212300	-49,957700	439,880	978976,743	979113,197	-0,011061	135,747	49,223	-0,707	0,592	0,5187	-49,814	-50,521	-49,296	-50,002
113	-27,212660	-49,290380	742,890	978910,160	979113,223	-0,031548	229,256	83,129	26,193	0,937	1,5190	-84,067	-57,874	-82,548	-56,355
114	-27,213190	-49,758530	337,520	978992,840	979113,262	-0,006512	104,159	37,768	-16,263	0,470	0,7742	-38,239	-54,502	-37,464	-53,728
115	-27,214820	-49,641900	339,630	978986,680	979113,382	-0,006594	104,810	38,005	-21,892	0,472	1,2200	-38,476	-60,368	-37,256	-59,148
116	-27,215360	-49,195050	248,930	979009,090	979113,421	-0,003542	76,820	27,855	-27,512	0,348	5,2928	-28,203	-55,715	-22,911	-50,422
117	-27,215800	-49,644000	341,780	978981,699	979113,454	-0,006678	105,473	38,245	-26,281	0,473	1,2468	-38,719	-65,000	-37,472	-63,753
118	-27,215800	-49,644000	341,780	978981,699	979113,454	-0,006678	105,473	38,245	-26,281	0,473	1,2468	-38,719	-65,000	-37,472	-63,753
119	-27,215900	-49,519500	349,220	978982,663	979113,461	-0,006971	107,769	39,078	-23,029	0,479	1,9149	-39,557	-62,586	-37,642	-60,671
120	-27,216650	-49,741330	346,480	978990,430	979113,516	-0,006862	106,924	38,771	-16,162	0,477	1,1240	-39,248	-55,411	-38,124	-54,287

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
121	-27,219760	-49,735740	342,360	978991,670	979113,745	-0,006700	105,652	38,310	-16,422	0,474	1,0412	-38,784	-55,206	-37,743	-54,165
122	-27,220740	-49,611940	382,590	978974,280	979113,816	-0,008367	118,067	42,812	-21,469	0,506	1,4211	-43,318	-64,787	-41,897	-63,366
123	-27,221970	-49,485470	438,650	978965,750	979113,907	-0,010999	135,367	49,085	-12,789	0,590	1,7749	-49,675	-62,464	-47,900	-60,689
124	-27,222610	-49,788020	356,680	978986,520	979113,954	-0,007272	110,071	39,912	-17,362	0,485	0,5231	-40,398	-57,760	-39,875	-57,237
125	-27,223830	-49,360830	701,130	978917,190	979114,043	-0,028101	216,369	78,456	19,515	0,862	1,4494	-79,318	-59,803	-77,869	-58,354
126	-27,223860	-49,973050	413,140	978982,950	979114,046	-0,009757	127,495	46,230	-3,601	0,544	0,6497	-46,774	-50,375	-46,124	-49,725
127	-27,224400	-49,652890	337,070	978987,880	979114,085	-0,006495	104,020	37,718	-22,186	0,470	1,0364	-38,188	-60,373	-37,151	-59,337
128	-27,224880	-49,423270	658,690	978925,610	979114,121	-0,024802	203,272	73,707	14,761	0,827	0,8451	-74,534	-59,773	-73,689	-58,928
129	-27,225360	-49,846830	343,110	978994,590	979114,156	-0,006730	105,884	38,394	-13,682	0,474	0,7893	-38,868	-52,551	-38,079	-51,761
130	-27,226010	-49,729100	344,510	978991,950	979114,204	-0,006785	106,316	38,551	-15,938	0,476	1,1675	-39,026	-54,964	-37,859	-53,797
131	-27,226440	-49,914660	415,670	978981,050	979114,235	-0,009877	128,276	46,513	-4,909	0,548	0,4688	-47,062	-51,971	-46,593	-51,502
132	-27,226470	-49,108220	116,040	979032,440	979114,237	-0,000770	35,810	12,985	-45,987	0,109	3,9692	-13,094	-59,081	-9,125	-55,112
133	-27,227410	-49,730250	340,190	978989,180	979114,306	-0,006616	104,983	38,067	-20,144	0,472	1,2271	-38,539	-58,683	-37,312	-57,456
134	-27,229560	-49,722000	340,160	978992,910	979114,464	-0,006614	104,973	38,064	-16,581	0,472	1,0683	-38,536	-55,117	-37,468	-54,049
135	-27,230800	-49,660890	339,930	978987,620	979114,555	-0,006605	104,902	38,038	-22,033	0,472	1,1931	-38,510	-60,543	-37,317	-59,350
136	-27,231500	-49,670440	339,320	978983,320	979114,607	-0,006582	104,714	37,970	-26,573	0,471	1,8072	-38,441	-65,014	-36,634	-63,207
137	-27,231730	-49,712880	344,400	978991,190	979114,624	-0,006780	106,282	38,538	-17,152	0,476	1,4396	-39,014	-56,166	-37,574	-54,726
138	-27,235270	-49,704260	337,080	978992,580	979114,884	-0,006495	104,023	37,719	-18,281	0,470	1,1367	-38,189	-56,470	-37,052	-55,333
139	-27,236099	-49,204601	337,100	978991,500	979114,945	-0,006496	104,029	37,721	-19,416	0,470	4,2222	-38,191	-57,607	-33,969	-53,385
140	-27,236280	-49,668400	336,820	978989,130	979114,958	-0,006485	103,943	37,690	-21,885	0,469	1,4997	-38,160	-60,045	-36,660	-58,545
141	-27,238000	-49,494500	446,610	978965,786	979115,084	-0,011402	137,824	49,976	-11,475	0,604	2,3778	-50,580	-62,054	-48,202	-59,676
142	-27,240600	-49,695610	342,020	978991,760	979115,275	-0,006687	105,547	38,272	-17,968	0,474	0,7931	-38,746	-56,714	-37,953	-55,921
143	-27,241320	-49,675910	340,990	978989,920	979115,328	-0,006647	105,230	38,157	-20,179	0,473	1,2801	-38,630	-58,808	-37,349	-57,528
144	-27,243200	-49,176800	161,730	979024,263	979115,467	-0,001495	49,910	18,098	-41,294	0,191	6,3951	-18,289	-59,582	-11,894	-53,187
145	-27,249590	-49,691470	335,470	978994,180	979115,936	-0,006433	103,526	37,539	-18,230	0,468	1,1568	-38,007	-56,238	-36,851	-55,081
146	-27,251100	-49,474800	548,690	978943,979	979116,047	-0,017210	169,326	61,398	-2,742	0,739	3,4474	-62,137	-64,880	-58,690	-61,432
147	-27,251100	-49,456100	813,570	978894,187	979116,047	-0,037837	251,068	91,038	29,208	1,051	1,7216	-92,089	-62,882	-90,368	-61,160
148	-27,254090	-49,689900	338,690	978994,230	979116,267	-0,006557	104,520	37,899	-17,517	0,471	1,1212	-38,370	-55,888	-37,249	-54,766
149	-27,258600	-49,934700	354,280	978994,899	979116,598	-0,007175	109,331	39,644	-12,369	0,483	0,7015	-40,127	-52,496	-39,426	-51,794
150	-27,264550	-49,300110	166,760	979023,520	979117,036	-0,001590	51,462	18,660	-42,054	0,200	5,7797	-18,861	-60,914	-13,081	-55,135

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
151	-27,270700	-49,211100	384,900	978986,992	979117,488	-0,008469	118,780	43,070	-11,716	0,508	2,0499	-43,578	-55,294	-41,528	-53,244
152	-27,273330	-49,424020	689,010	978917,920	979117,681	-0,027138	212,628	77,100	12,867	0,851	2,0632	-77,951	-65,084	-75,888	-63,021
153	-27,274240	-49,479440	786,220	978898,530	979117,748	-0,035335	242,627	87,978	23,409	1,015	2,0713	-88,993	-65,584	-86,922	-63,513
154	-27,275830	-49,728970	338,590	978994,390	979117,865	-0,006553	104,489	37,888	-18,986	0,471	0,9395	-38,359	-57,346	-37,420	-56,406
155	-27,275900	-49,456700	847,420	978887,881	979117,870	-0,041050	261,514	94,826	31,524	1,078	1,8968	-95,904	-64,380	-94,007	-62,483
156	-27,276020	-49,242020	355,300	978990,500	979117,879	-0,007216	109,646	39,758	-17,734	0,484	3,7144	-40,242	-57,976	-36,528	-54,262
157	-27,276220	-49,846380	465,530	978971,160	979117,894	-0,012388	143,663	52,093	-3,071	0,638	0,4301	-52,731	-55,802	-52,301	-55,372
158	-27,276330	-49,545770	770,960	978900,720	979117,902	-0,033977	237,918	86,270	20,736	0,988	1,2919	-87,258	-66,522	-85,966	-65,230
159	-27,278300	-49,390100	394,550	978980,947	979118,047	-0,008899	121,758	44,150	-15,342	0,516	2,9637	-44,666	-60,008	-41,702	-57,044
160	-27,278660	-49,895410	361,520	978993,970	979118,073	-0,007471	111,565	40,454	-12,538	0,489	0,6274	-40,943	-53,482	-40,316	-52,854
161	-27,278750	-49,194720	582,100	978948,230	979118,080	-0,019369	179,636	65,137	9,786	0,766	1,7990	-65,903	-56,117	-64,104	-54,318
162	-27,279080	-49,363160	455,380	978969,970	979118,104	-0,011854	140,530	50,957	-7,604	0,620	2,1390	-51,577	-59,181	-49,438	-57,042
163	-27,279720	-49,612630	619,700	978929,250	979118,151	-0,021952	191,239	69,344	2,338	0,796	1,0304	-70,140	-67,802	-69,110	-66,772
164	-27,281830	-49,786800	347,560	978994,760	979118,307	-0,006905	107,257	38,892	-16,290	0,478	0,6862	-39,370	-55,660	-38,684	-54,973
165	-27,282050	-49,961130	448,390	978974,490	979118,323	-0,011493	138,373	50,175	-5,460	0,607	1,4541	-50,782	-56,242	-49,328	-54,787
166	-27,282800	-49,668080	567,280	978943,210	979118,378	-0,018396	175,063	63,479	-0,105	0,754	1,3946	-64,232	-64,338	-62,838	-62,943
167	-27,283800	-49,242700	445,520	978976,643	979118,452	-0,011346	137,487	49,854	-4,321	0,602	1,7810	-50,456	-54,777	-48,675	-52,996
168	-27,284300	-49,647800	342,190	978986,555	979118,488	-0,006694	105,600	38,291	-26,333	0,474	1,9018	-38,765	-65,098	-36,863	-63,196
169	-27,288500	-49,459900	673,270	978924,261	979118,797	-0,025912	207,771	75,339	13,235	0,839	1,0077	-76,178	-62,943	-75,170	-61,935
170	-27,291100	-49,412500	420,580	978974,782	979118,989	-0,010112	129,791	47,063	-14,416	0,557	2,7564	-47,620	-62,036	-44,864	-59,279
171	-27,293200	-49,439300	513,900	978956,158	979119,143	-0,015097	158,590	57,505	-4,396	0,711	2,3043	-58,217	-62,612	-55,912	-60,308
172	-27,294400	-49,366300	449,860	978972,876	979119,231	-0,011568	138,827	50,339	-7,529	0,610	2,4680	-50,949	-58,478	-48,481	-56,010
173	-27,299600	-49,790500	350,040	978994,793	979119,614	-0,007004	108,022	39,169	-16,799	0,480	0,9126	-39,650	-56,448	-38,737	-55,536
174	-27,300900	-49,212400	647,560	978936,023	979119,710	-0,023971	199,837	72,462	16,150	0,818	3,5272	-73,280	-57,130	-69,753	-53,602
175	-27,304300	-49,951300	389,680	978980,735	979119,960	-0,008680	120,255	43,605	-18,970	0,512	1,0057	-44,117	-63,087	-43,111	-62,081
176	-27,308500	-49,247500	567,770	978954,791	979120,269	-0,018427	175,214	63,533	9,736	0,754	1,4101	-64,288	-54,552	-62,878	-53,142
177	-27,308800	-49,102300	225,680	979010,270	979120,291	-0,002911	69,645	25,254	-40,376	0,306	1,8960	-25,560	-65,936	-23,664	-64,040
178	-27,315700	-49,043300	119,570	979025,478	979120,799	-0,000817	36,899	13,380	-58,422	0,115	2,6448	-13,495	-71,917	-10,850	-69,272
179	-27,315900	-49,336000	294,980	979003,167	979120,814	-0,004974	91,031	33,008	-26,616	0,431	3,7579	-33,439	-60,055	-29,681	-56,297
180	-27,316700	-49,070100	143,590	979020,366	979120,873	-0,001179	44,312	16,068	-56,195	0,158	3,1729	-16,226	-72,421	-13,053	-69,248

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
181	-27,318800	-49,117900	219,360	979015,083	979121,027	-0,002751	67,694	24,546	-38,250	0,295	3,0634	-24,841	-63,091	-21,778	-60,028
182	-27,319500	-49,024100	64,570	979035,411	979121,079	-0,000238	19,926	7,225	-65,741	0,052	2,2758	-7,277	-73,019	-5,001	-70,743
183	-27,321600	-49,365900	423,810	978978,375	979121,233	-0,010267	130,788	47,424	-12,071	0,563	4,3265	-47,987	-60,058	-43,661	-55,731
184	-27,323970	-49,126770	262,100	979006,490	979121,408	-0,003927	80,884	29,329	-34,034	0,372	3,4480	-29,701	-63,735	-26,253	-60,287
185	-27,324080	-49,054160	114,190	979026,280	979121,416	-0,000745	35,239	12,778	-59,897	0,106	2,3800	-12,883	-72,780	-10,503	-70,400
186	-27,326130	-49,174410	258,210	979009,190	979121,567	-0,003811	79,684	28,894	-32,693	0,365	4,0082	-29,258	-61,952	-25,250	-57,944
187	-27,326220	-49,364360	479,050	978966,480	979121,574	-0,013118	147,835	53,606	-7,259	0,662	4,4215	-54,268	-61,527	-49,846	-57,105
188	-27,326500	-49,305240	478,620	978969,690	979121,594	-0,013095	147,702	53,558	-4,202	0,662	2,5680	-54,219	-58,421	-51,651	-55,853
189	-27,328600	-49,144800	238,790	979013,604	979121,749	-0,003260	73,691	26,721	-34,454	0,330	1,9086	-27,050	-61,505	-25,142	-59,596
190	-27,331630	-49,547160	675,430	978923,410	979121,972	-0,026078	208,438	75,581	9,876	0,840	0,9910	-76,421	-66,545	-75,430	-65,554
191	-27,331770	-49,909220	440,400	978974,960	979121,982	-0,011087	135,907	49,281	-11,115	0,593	1,2654	-49,873	-60,988	-48,608	-59,723
192	-27,332000	-49,274300	706,520	978925,983	979121,999	-0,028534	218,032	79,060	22,016	0,872	1,2146	-79,931	-57,916	-78,717	-56,701
193	-27,332220	-49,427190	679,500	978928,050	979122,015	-0,026394	209,694	76,036	15,728	0,844	0,7481	-76,880	-61,151	-76,132	-60,403
194	-27,332880	-49,480610	796,350	978902,600	979122,064	-0,036252	245,754	89,112	26,290	1,033	0,5675	-90,145	-63,855	-89,577	-63,288
195	-27,333360	-49,966830	418,900	978975,770	979122,099	-0,010031	129,273	46,875	-17,057	0,554	1,7348	-47,429	-64,486	-45,694	-62,751
196	-27,333380	-49,239970	701,600	978924,350	979122,101	-0,028138	216,514	78,509	18,763	0,863	2,3350	-79,372	-60,609	-77,037	-58,274
197	-27,334190	-49,665440	401,150	978978,600	979122,161	-0,009199	123,795	44,889	-19,766	0,522	1,4063	-45,411	-65,176	-44,004	-63,770
198	-27,334300	-49,327500	268,860	979010,447	979122,169	-0,004132	82,970	30,085	-28,751	0,384	3,2772	-30,469	-59,221	-27,192	-55,944
199	-27,334600	-49,612800	352,610	978984,627	979122,191	-0,007107	108,815	39,457	-28,748	0,482	1,1501	-39,939	-68,687	-38,789	-67,537
200	-27,335130	-49,849110	379,680	978988,400	979122,230	-0,008241	117,169	42,486	-16,661	0,504	0,7407	-42,990	-59,650	-42,249	-58,910
201	-27,336050	-49,735050	514,920	978961,220	979122,298	-0,015156	158,904	57,620	-2,173	0,712	0,4187	-58,331	-60,505	-57,913	-60,086
202	-27,336550	-49,787330	357,850	978993,570	979122,334	-0,007320	110,433	40,043	-18,332	0,486	0,6305	-40,530	-58,862	-39,899	-58,231
203	-27,336880	-49,603720	447,890	978966,100	979122,359	-0,011467	138,219	50,119	-18,040	0,606	1,1608	-50,725	-68,765	-49,564	-67,604
204	-27,338400	-49,181400	257,370	979010,958	979122,471	-0,003786	79,424	28,800	-32,088	0,363	1,9587	-29,163	-61,251	-27,204	-59,293
205	-27,342700	-49,807400	352,760	978995,696	979122,787	-0,007113	108,862	39,474	-18,230	0,482	0,8363	-39,956	-58,186	-39,120	-57,349
206	-27,346600	-49,951800	510,550	978956,579	979123,075	-0,014900	157,556	57,131	-8,940	0,708	0,8313	-57,839	-66,779	-57,008	-65,948
207	-27,377470	-49,182610	576,500	978951,980	979125,350	-0,018998	177,908	64,510	4,538	0,761	1,1041	-65,272	-60,734	-64,167	-59,630
208	-27,377630	-49,243360	413,600	978980,330	979125,362	-0,009779	127,637	46,282	-17,395	0,544	2,6084	-46,826	-64,221	-44,218	-61,613
209	-27,378100	-49,817200	368,270	978993,012	979125,396	-0,007753	113,648	41,209	-18,736	0,495	0,9546	-41,704	-60,440	-40,749	-59,486
210	-27,378470	-49,135250	383,980	978979,620	979125,424	-0,008428	118,496	42,967	-27,307	0,507	2,1167	-43,475	-70,782	-41,358	-68,665

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
211	-27,381940	-49,784160	374,280	978991,650	979125,680	-0,008008	115,503	41,882	-18,527	0,499	1,0737	-42,381	-60,908	-41,308	-59,834
212	-27,382900	-49,946800	674,530	978923,853	979125,750	-0,026009	208,160	75,480	6,263	0,840	0,7058	-76,320	-70,057	-75,614	-69,351
213	-27,383900	-49,271600	459,450	978974,101	979125,824	-0,012067	141,786	51,412	-9,937	0,627	2,0380	-52,039	-61,976	-50,001	-59,938
214	-27,384800	-49,922190	623,810	978935,370	979125,890	-0,022244	192,508	69,804	1,987	0,799	1,1330	-70,603	-68,616	-69,470	-67,483
215	-27,385770	-49,659910	628,450	978932,160	979125,962	-0,022577	193,940	70,324	0,138	0,803	0,9807	-71,126	-70,989	-70,146	-70,008
216	-27,386080	-49,482970	769,950	978910,310	979125,985	-0,033888	237,607	86,157	21,932	0,986	0,6541	-87,143	-65,212	-86,489	-64,557
217	-27,386380	-49,958550	689,070	978918,350	979126,007	-0,027142	212,647	77,107	4,990	0,851	1,0514	-77,958	-72,968	-76,907	-71,917
218	-27,386410	-49,413580	435,040	978976,850	979126,009	-0,010819	134,253	48,681	-14,906	0,583	2,4809	-49,264	-64,170	-46,783	-61,689
219	-27,386410	-49,361740	377,930	978992,890	979126,009	-0,008165	116,629	42,290	-16,490	0,502	3,5973	-42,793	-59,283	-39,195	-55,685
220	-27,387110	-49,056490	587,450	978936,990	979126,061	-0,019727	181,287	65,736	-7,784	0,770	2,2105	-66,506	-74,289	-64,295	-72,079
221	-27,387940	-49,539500	519,300	978958,440	979126,122	-0,015415	160,256	58,110	-7,426	0,715	2,1322	-58,825	-66,251	-56,693	-64,119
222	-27,389580	-49,604020	354,990	978987,070	979126,243	-0,007204	109,550	39,723	-29,623	0,484	1,8627	-40,207	-69,830	-38,345	-67,968
223	-27,389880	-49,848160	487,880	978966,800	979126,265	-0,013606	150,560	54,594	-8,905	0,678	0,9187	-55,272	-64,177	-54,353	-63,259
224	-27,390500	-49,360100	342,960	978999,490	979126,311	-0,006724	105,837	38,377	-20,983	0,474	3,9882	-38,852	-59,835	-34,863	-55,847
225	-27,394900	-49,014500	284,950	978995,904	979126,635	-0,004641	87,936	31,886	-42,796	0,413	5,5233	-32,299	-75,095	-26,776	-69,571
226	-27,397550	-49,729470	508,930	978960,590	979126,831	-0,014806	157,056	56,949	-9,185	0,707	1,0397	-57,656	-66,841	-56,617	-65,802
227	-27,397580	-49,301750	751,130	978917,150	979126,833	-0,032251	231,799	84,051	22,116	0,952	1,5608	-85,003	-62,888	-83,443	-61,327
228	-27,398100	-49,242700	621,140	978944,676	979126,871	-0,022054	191,684	69,506	9,488	0,797	1,4342	-70,302	-60,814	-68,868	-59,380
229	-27,400700	-49,042500	480,340	978961,047	979127,063	-0,013189	148,233	53,750	-17,783	0,665	1,8817	-54,415	-72,198	-52,533	-70,316
230	-27,404000	-49,687600	454,160	978970,864	979127,307	-0,011791	140,154	50,821	-16,289	0,617	1,0167	-51,438	-67,727	-50,421	-66,710
231	-27,407100	-49,732500	461,380	978970,956	979127,535	-0,012168	142,382	51,628	-14,198	0,630	1,1286	-52,259	-66,456	-51,130	-65,328
232	-27,415000	-49,644800	454,540	978970,386	979128,118	-0,011810	140,271	50,863	-17,461	0,618	0,5872	-51,481	-68,943	-50,894	-68,355
233	-27,415400	-49,830100	399,050	978986,501	979128,148	-0,009103	123,147	44,654	-18,500	0,519	1,2076	-45,173	-63,673	-43,965	-62,465
234	-27,415400	-49,602700	370,790	978987,492	979128,148	-0,007859	114,426	41,491	-26,230	0,497	1,3020	-41,988	-68,218	-40,686	-66,916
235	-27,416200	-49,601900	370,800	978987,399	979128,207	-0,007860	114,429	41,493	-26,379	0,497	1,3026	-41,989	-68,368	-40,687	-67,066
236	-27,420200	-49,781300	542,310	978956,913	979128,502	-0,016812	167,357	60,684	-4,232	0,734	0,5308	-61,418	-65,651	-60,888	-65,120
237	-27,422400	-49,188100	772,690	978917,323	979128,665	-0,034129	238,452	86,464	27,111	0,991	0,7299	-87,455	-60,344	-86,725	-59,614
238	-27,424500	-49,909240	630,140	978936,370	979128,820	-0,022698	194,461	70,513	2,012	0,804	2,4260	-71,317	-69,305	-68,891	-66,879
239	-27,425000	-49,095200	531,040	978951,396	979128,856	-0,016120	163,879	59,423	-13,582	0,725	2,0173	-60,148	-73,730	-58,131	-71,712
240	-27,431500	-49,941800	906,020	978879,320	979129,336	-0,046924	279,598	101,384	29,581	1,125	0,7307	-102,508	-72,927	-101,778	-72,196

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
241	-27,433470	-49,239910	616,910	978947,550	979129,482	-0,021755	190,378	69,032	8,447	0,794	2,2741	-69,826	-61,379	-67,552	-59,105
242	-27,433900	-49,151000	642,430	978937,489	979129,514	-0,023592	198,254	71,888	6,229	0,814	0,8121	-72,702	-66,473	-71,890	-65,660
243	-27,434130	-49,063300	561,350	978944,400	979129,531	-0,018013	173,233	62,815	-11,898	0,749	1,3710	-63,564	-75,462	-62,193	-74,091
244	-27,434770	-49,122830	672,330	978924,230	979129,578	-0,025839	207,481	75,234	2,133	0,838	1,2069	-76,072	-73,938	-74,865	-72,731
245	-27,435500	-49,122900	678,390	978924,246	979129,632	-0,026307	209,351	75,912	3,965	0,843	1,1210	-76,755	-72,789	-75,634	-71,668
246	-27,436300	-49,606380	392,260	978985,470	979129,691	-0,008796	121,051	43,894	-23,169	0,514	1,0704	-44,408	-67,577	-43,337	-66,507
247	-27,436830	-49,300410	848,110	978898,520	979129,730	-0,041117	261,727	94,904	30,517	1,078	1,5231	-95,982	-65,465	-94,459	-63,942
248	-27,436830	-49,177860	731,290	978922,670	979129,730	-0,030570	225,676	81,831	18,616	0,916	0,7495	-82,748	-64,131	-81,998	-63,382
249	-27,437860	-49,418380	757,870	978921,120	979129,806	-0,032833	233,879	84,806	25,193	0,964	0,3167	-85,770	-60,577	-85,453	-60,260
250	-27,438020	-49,371080	592,950	978953,930	979129,818	-0,020098	182,984	66,351	7,097	0,774	1,0173	-67,125	-60,029	-66,108	-59,012
251	-27,440490	-49,483860	766,860	978916,880	979130,000	-0,033616	236,653	85,812	23,533	0,980	0,4917	-86,792	-63,259	-86,300	-62,767
252	-27,440830	-49,780660	559,730	978951,790	979130,025	-0,017909	172,733	62,634	-5,503	0,748	0,6391	-63,382	-68,884	-62,742	-68,245
253	-27,442470	-49,850990	442,290	978975,820	979130,146	-0,011182	136,491	49,492	-17,836	0,596	2,1461	-50,088	-67,924	-47,942	-65,778
254	-27,444000	-49,658020	424,420	978977,330	979130,259	-0,010297	130,976	47,493	-21,953	0,564	0,8130	-48,057	-70,010	-47,244	-69,197
255	-27,444000	-49,546130	663,720	978935,430	979130,259	-0,025182	204,824	74,270	9,995	0,831	1,2331	-75,101	-65,107	-73,868	-63,874
256	-27,444100	-49,266000	500,480	978967,462	979130,267	-0,014318	154,448	56,004	-8,357	0,700	2,8680	-56,704	-65,061	-53,836	-62,193
257	-27,445220	-49,723910	565,080	978949,560	979130,349	-0,018253	174,384	63,232	-6,406	0,752	0,4352	-63,985	-70,390	-63,549	-69,955
258	-27,472400	-49,632200	394,930	978989,060	979132,358	-0,008916	121,875	44,193	-21,422	0,516	1,0783	-44,709	-66,131	-43,630	-65,052
259	-27,474800	-49,567600	378,380	978998,854	979132,535	-0,008184	116,768	42,341	-16,913	0,503	1,7030	-42,843	-59,756	-41,140	-58,053
260	-27,476300	-49,267300	820,150	978905,319	979132,646	-0,038450	253,098	91,775	25,772	1,056	2,1908	-92,831	-67,059	-90,640	-64,869
261	-27,476700	-49,272600	499,150	978967,310	979132,675	-0,014242	154,038	55,855	-11,328	0,698	2,5805	-56,553	-67,881	-53,973	-65,300
262	-27,478740	-49,122470	752,120	978918,700	979132,826	-0,032336	232,104	84,162	17,978	0,954	0,6108	-85,116	-67,138	-84,505	-66,527
263	-27,479000	-49,060720	603,330	978943,330	979132,845	-0,020808	186,188	67,513	-3,328	0,783	2,1599	-68,295	-71,623	-66,135	-69,463
264	-27,488720	-49,240490	718,430	978925,210	979133,564	-0,029504	221,707	80,392	13,354	0,893	1,4281	-81,285	-67,932	-79,857	-66,504
265	-27,489720	-49,181300	744,410	978922,910	979133,638	-0,031677	229,725	83,299	18,997	0,940	1,3986	-84,239	-65,242	-82,841	-63,844
266	-27,490240	-49,290470	598,190	978947,390	979133,676	-0,020455	184,601	66,937	-1,685	0,779	4,6398	-67,716	-69,401	-63,076	-64,761
267	-27,492360	-49,423020	721,240	978932,430	979133,833	-0,029735	222,575	80,707	21,172	0,898	0,4021	-81,605	-60,433	-81,203	-60,031
268	-27,492610	-49,913020	866,460	978893,080	979133,852	-0,042915	267,390	96,957	26,618	1,093	0,2684	-98,050	-71,432	-97,782	-71,164
269	-27,492800	-49,478940	500,800	978974,540	979133,866	-0,014336	154,547	56,040	-4,779	0,701	1,5410	-56,740	-61,519	-55,199	-59,978
270	-27,493440	-49,844800	857,160	978891,270	979133,913	-0,041999	264,520	95,916	21,877	1,086	1,2035	-97,002	-75,125	-95,798	-73,922



QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
271	-27,493970	-49,366330	798,640	978911,750	979133,952	-0,036460	246,460	89,368	24,258	1,038	0,4028	-90,405	-66,147	-90,003	-65,744
272	-27,495110	-49,719910	419,440	978978,000	979134,036	-0,010057	129,439	46,935	-26,597	0,555	1,5707	-47,490	-74,088	-45,920	-72,517
273	-27,496020	-49,609580	485,530	978979,470	979134,104	-0,013476	149,835	54,331	-4,799	0,674	0,8508	-55,005	-59,804	-54,154	-58,953
274	-27,497080	-49,668750	463,240	978975,310	979134,182	-0,012267	142,956	51,837	-15,916	0,634	0,8313	-52,470	-68,387	-51,639	-67,555
275	-27,498080	-49,963720	881,770	978890,420	979134,256	-0,044445	272,114	98,670	28,278	1,105	0,1042	-99,775	-71,497	-99,671	-71,393
276	-27,498220	-49,548860	442,320	978992,850	979134,266	-0,011184	136,500	49,496	-4,916	0,596	1,1988	-50,092	-55,008	-48,893	-53,809
277	-27,500800	-49,287100	547,130	978960,493	979134,457	-0,017112	168,844	61,224	-5,120	0,738	1,8769	-61,962	-67,081	-60,085	-65,204
278	-27,507800	-49,783860	670,530	978928,510	979134,975	-0,025701	206,926	75,032	0,461	0,836	1,8481	-75,869	-75,408	-74,021	-73,560
279	-27,511400	-49,091200	417,610	978981,876	979135,241	-0,009969	128,874	46,731	-24,491	0,552	1,4286	-47,282	-71,773	-45,854	-70,344
280	-27,514100	-49,483400	496,260	978976,974	979135,441	-0,014078	153,146	55,531	-5,321	0,693	1,8861	-56,225	-61,546	-54,339	-59,660
281	-27,530500	-49,126200	474,810	978975,031	979136,654	-0,012887	146,526	53,131	-15,097	0,655	1,9210	-53,786	-68,883	-51,865	-66,962
282	-27,531690	-49,776250	683,810	978923,720	979136,743	-0,026729	211,024	76,518	-1,999	0,847	1,5663	-77,365	-79,364	-75,799	-77,798
283	-27,532550	-49,481800	515,300	978973,560	979136,806	-0,015179	159,022	57,662	-4,225	0,712	1,4455	-58,374	-62,599	-56,929	-61,153
284	-27,534600	-49,443700	537,580	978968,203	979136,958	-0,016520	165,897	60,155	-2,858	0,730	1,4158	-60,885	-63,743	-59,469	-62,327
285	-27,535100	-49,684800	421,340	978985,484	979136,995	-0,010148	130,026	47,148	-21,485	0,558	1,7398	-47,706	-69,192	-45,967	-67,452
286	-27,538990	-49,178360	533,740	978964,160	979137,283	-0,016284	164,712	59,726	-8,411	0,727	1,5925	-60,452	-68,863	-58,860	-67,271
287	-27,539500	-49,968520	888,490	978891,470	979137,321	-0,045125	274,188	99,422	28,337	1,111	0,0783	-100,533	-72,195	-100,455	-72,117
288	-27,540000	-49,178400	540,410	978963,844	979137,358	-0,016694	166,771	60,472	-6,743	0,732	1,7488	-61,204	-67,947	-59,455	-66,199
289	-27,541470	-49,117550	468,150	978975,230	979137,466	-0,012528	144,471	52,386	-17,765	0,643	2,3843	-53,029	-70,794	-50,644	-68,410
290	-27,544720	-49,362160	916,800	978886,360	979137,707	-0,048046	282,924	102,590	31,577	1,133	0,8725	-103,723	-72,146	-102,851	-71,273
291	-27,544940	-49,291610	620,960	978943,600	979137,723	-0,022041	191,628	69,485	-2,495	0,797	1,8566	-70,282	-72,777	-68,426	-70,921
292	-27,546190	-49,726690	599,550	978947,880	979137,816	-0,020548	185,021	67,090	-4,915	0,780	1,9488	-67,869	-72,784	-65,920	-70,835
293	-27,546520	-49,231880	677,380	978937,830	979137,840	-0,026229	209,039	75,799	9,029	0,842	1,2234	-76,641	-67,612	-75,417	-66,388
294	-27,546880	-49,420550	569,390	978959,850	979137,867	-0,018532	175,714	63,715	-2,303	0,756	1,0345	-64,470	-66,773	-63,436	-65,739
295	-27,547910	-49,663550	495,180	978978,000	979137,943	-0,014016	152,813	55,411	-7,131	0,691	2,0319	-56,102	-63,233	-54,070	-61,201
296	-27,550970	-49,536720	653,190	978948,250	979138,170	-0,024389	201,574	73,092	11,655	0,823	2,4787	-73,915	-62,260	-71,436	-59,781
297	-27,551100	-49,278600	629,020	978944,962	979138,179	-0,022617	194,116	70,387	0,898	0,803	1,9314	-71,191	-70,292	-69,259	-68,361
298	-27,551770	-49,603380	491,670	978987,630	979138,229	-0,013818	151,729	55,018	1,130	0,685	2,0661	-55,703	-54,573	-53,637	-52,506
299	-27,552330	-49,055330	849,480	978901,530	979138,271	-0,041249	262,150	95,057	25,409	1,080	1,8041	-96,136	-70,727	-94,332	-68,923
300	-27,554410	-49,913490	876,270	978892,950	979138,425	-0,043892	270,417	98,055	24,942	1,101	0,1881	-99,156	-74,213	-98,968	-74,025

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
301	-27,554701	-49,024601	759,800	978943,300	979138,446	-0,033000	234,474	85,022	39,328	0,968	2,5932	-85,989	-46,661	-83,396	-44,068
302	-27,557700	-49,226500	647,060	978943,205	979138,668	-0,023933	199,683	72,406	4,220	0,818	1,1535	-73,224	-69,004	-72,070	-67,851
303	-27,564550	-49,842020	918,080	978883,800	979139,176	-0,048181	283,319	102,733	27,944	1,134	0,3396	-103,868	-75,924	-103,528	-75,584
304	-27,586000	-49,729800	591,240	978951,703	979140,765	-0,019982	182,457	66,160	-6,605	0,773	4,3778	-66,933	-73,538	-62,555	-69,160
305	-27,588190	-49,173660	855,590	978902,410	979140,927	-0,041845	264,035	95,741	25,518	1,084	1,8299	-96,825	-71,307	-94,995	-69,477
306	-27,588440	-49,062330	627,850	978951,280	979140,946	-0,022533	193,755	70,256	4,089	0,802	1,1502	-71,059	-66,970	-69,908	-65,820
307	-27,592900	-49,734000	862,620	978899,488	979141,276	-0,042535	266,205	96,527	24,416	1,090	1,8182	-97,617	-73,201	-95,799	-71,383
308	-27,596520	-49,361830	910,770	978887,700	979141,545	-0,047416	281,064	101,915	27,219	1,129	1,1184	-103,044	-75,825	-101,925	-74,706
309	-27,598300	-49,479300	604,140	978950,930	979141,677	-0,020863	186,438	67,603	-4,309	0,783	1,5337	-68,387	-72,695	-66,853	-71,162
310	-27,600550	-49,782770	894,920	978891,690	979141,843	-0,045780	276,172	100,142	26,019	1,116	0,4383	-101,257	-75,239	-100,819	-74,800
311	-27,603630	-49,307520	975,290	978875,780	979142,072	-0,054372	300,974	109,135	34,683	1,180	1,1022	-110,315	-75,632	-109,213	-74,530
312	-27,603830	-49,840720	872,310	978895,780	979142,087	-0,043496	269,195	97,611	22,888	1,098	0,2410	-98,709	-75,821	-98,468	-75,580
313	-27,603830	-49,586110	592,110	978960,430	979142,087	-0,020041	182,725	66,257	1,069	0,774	1,3764	-67,031	-65,962	-65,654	-64,586
314	-27,605270	-49,971520	858,840	978899,260	979142,193	-0,042163	265,038	96,104	22,105	1,087	0,1337	-97,191	-75,087	-97,058	-74,953
315	-27,605900	-49,288600	694,860	978930,706	979142,240	-0,027600	214,434	77,755	2,900	0,856	2,0180	-78,611	-75,711	-76,593	-73,693
316	-27,606630	-49,411330	441,310	978977,730	979142,294	-0,011133	136,188	49,383	-28,376	0,594	4,4169	-49,977	-78,353	-45,560	-73,936
317	-27,607550	-49,721410	856,350	978904,980	979142,362	-0,041919	264,270	95,826	26,887	1,085	0,9137	-96,911	-70,023	-95,997	-69,110
318	-27,609550	-49,535800	445,230	978984,140	979142,511	-0,011331	137,398	49,821	-20,973	0,601	2,4541	-50,423	-71,395	-47,969	-68,941
319	-27,610380	-49,902440	871,030	978896,340	979142,572	-0,043369	268,800	97,468	22,568	1,097	0,3984	-98,565	-75,997	-98,167	-75,599
320	-27,610900	-49,438000	407,570	978986,859	979142,611	-0,009495	125,776	45,607	-29,976	0,534	2,3048	-46,141	-76,116	-43,836	-73,812
321	-27,617600	-49,768400	910,840	978891,717	979143,108	-0,047423	281,085	101,923	29,695	1,129	0,2918	-103,052	-73,357	-102,760	-73,065
322	-27,647900	-49,300300	889,960	978898,006	979145,356	-0,045274	274,642	99,587	27,292	1,112	0,6416	-100,698	-73,407	-100,057	-72,765
323	-27,649110	-49,064740	622,680	978957,860	979145,446	-0,022163	192,159	69,678	4,573	0,798	0,9911	-70,476	-65,903	-69,485	-64,911
324	-27,650610	-49,121610	713,630	978940,350	979145,557	-0,029111	220,226	79,855	15,019	0,885	1,2251	-80,740	-65,720	-79,515	-64,495
325	-27,651470	-49,299830	920,640	978891,280	979145,621	-0,048449	284,110	103,020	29,769	1,137	0,6424	-104,156	-74,387	-103,514	-73,745
326	-27,652880	-49,844000	855,040	978903,400	979145,725	-0,041791	263,865	95,679	21,540	1,084	0,1878	-96,763	-75,223	-96,575	-75,035
327	-27,657130	-49,419830	419,300	978984,010	979146,041	-0,010050	129,396	46,920	-32,635	0,555	3,4870	-47,474	-80,109	-43,987	-76,622
328	-27,657380	-49,901940	842,530	978904,090	979146,059	-0,040577	260,005	94,279	18,035	1,074	0,2184	-95,353	-77,318	-95,135	-77,099
329	-27,657360	-49,538720	722,280	978927,990	979146,058	-0,029821	222,896	80,823	4,828	0,900	1,9262	-81,723	-76,896	-79,797	-74,969
330	-27,657880	-49,968990	833,970	978906,300	979146,097	-0,039757	257,363	93,321	17,567	1,067	0,2143	-94,388	-76,822	-94,174	-76,608

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
331	-27,658130	-49,666630	890,370	978896,680	979146,115	-0,045316	274,768	99,632	25,333	1,112	0,5330	-100,745	-75,412	-100,212	-74,879
332	-27,658800	-49,802900	924,560	978892,181	979146,165	-0,048863	285,319	103,458	31,335	1,140	0,3223	-104,598	-73,263	-104,276	-72,940
333	-27,658830	-49,780380	899,910	978898,280	979146,167	-0,046292	277,712	100,700	29,825	1,120	0,2610	-101,820	-71,995	-101,559	-71,734
334	-27,660440	-49,172740	994,120	978883,360	979146,287	-0,056492	306,785	111,242	43,859	1,195	1,3197	-112,437	-68,579	-111,118	-67,259
335	-27,660601	-49,181599	963,200	978890,200	979146,299	-0,053032	297,244	107,782	41,145	1,171	0,7991	-108,953	-67,808	-108,154	-67,009
336	-27,660660	-49,477660	700,420	978930,980	979146,303	-0,028043	216,150	78,377	0,827	0,861	1,1733	-79,238	-78,411	-78,064	-77,238
337	-27,661360	-49,601500	577,310	978953,220	979146,355	-0,019051	178,158	64,601	-14,977	0,762	3,0106	-65,363	-80,340	-62,352	-77,329
338	-27,663690	-49,725830	875,130	978902,900	979146,528	-0,043778	270,065	97,927	26,437	1,100	0,3081	-99,027	-72,590	-98,719	-72,282
339	-27,665200	-49,400700	435,660	978981,583	979146,640	-0,010849	134,445	48,750	-30,612	0,584	5,0072	-49,335	-79,947	-44,327	-74,940
340	-27,671499	-49,058498	837,700	978920,600	979147,108	-0,040113	258,514	93,739	32,006	1,070	0,7725	-94,809	-62,802	-94,036	-62,030
341	-27,673470	-49,359800	721,950	978928,340	979147,254	-0,029794	222,794	80,786	3,880	0,900	4,1116	-81,686	-77,806	-77,574	-73,695
342	-27,673500	-49,012300	794,250	978929,647	979147,256	-0,036060	245,106	88,877	27,496	1,030	0,6486	-89,906	-62,410	-89,258	-61,762
343	-27,674900	-49,211498	645,700	978950,800	979147,360	-0,023832	199,263	72,254	2,703	0,817	3,7462	-73,070	-70,368	-69,324	-66,622
344	-27,677900	-49,741100	848,900	978908,814	979147,583	-0,041193	261,971	94,992	23,201	1,079	0,3372	-96,071	-72,870	-95,734	-72,533
345	-27,678500	-49,331400	688,580	978938,279	979147,628	-0,027103	212,496	77,052	3,147	0,851	2,7975	-77,903	-74,756	-75,105	-71,958
346	-27,700240	-49,777550	893,150	978898,260	979149,243	-0,045599	275,626	99,943	24,643	1,115	0,2555	-101,058	-76,415	-100,803	-76,159
347	-27,700500	-49,334300	461,680	978982,926	979149,262	-0,012184	142,474	51,662	-23,862	0,631	3,8932	-52,293	-76,155	-48,400	-72,262
348	-27,701400	-49,333400	461,680	978983,031	979149,329	-0,012184	142,474	51,662	-23,824	0,631	4,2067	-52,293	-76,117	-48,086	-71,910
349	-27,704940	-49,116720	814,830	978920,820	979149,592	-0,037953	251,457	91,179	22,684	1,052	1,3368	-92,231	-69,547	-90,895	-68,210
350	-27,706470	-49,350940	629,750	978949,530	979149,706	-0,022670	194,341	70,469	-5,835	0,804	2,8836	-71,273	-77,108	-68,389	-74,224
351	-27,706630	-49,055160	971,510	978894,770	979149,718	-0,053951	299,808	108,712	44,860	1,177	1,0257	-109,889	-65,029	-108,863	-64,003
352	-27,706880	-49,273410	499,730	978978,070	979149,737	-0,014275	154,217	55,920	-17,450	0,700	5,6717	-56,619	-74,069	-50,948	-68,397
353	-27,706940	-49,239580	541,450	978972,070	979149,741	-0,016758	167,091	60,588	-10,580	0,733	4,3936	-61,321	-71,901	-56,928	-67,507
354	-27,708520	-49,621830	911,350	978890,980	979149,858	-0,047476	281,243	101,980	22,364	1,129	1,8818	-103,109	-80,745	-101,227	-78,863
355	-27,708830	-49,908050	849,050	978905,580	979149,881	-0,041207	262,017	95,009	17,715	1,079	0,5840	-96,088	-78,373	-95,504	-77,789
356	-27,709470	-49,475690	848,790	978903,130	979149,929	-0,041182	261,937	94,980	15,138	1,079	1,2672	-96,059	-80,921	-94,791	-79,654
357	-27,709690	-49,526020	785,100	978913,790	979149,945	-0,035234	242,282	87,853	6,126	1,013	3,8619	-88,866	-82,739	-85,004	-78,878
358	-27,709880	-49,845300	866,540	978902,460	979149,960	-0,042922	267,414	96,966	19,915	1,093	0,3524	-98,059	-78,144	-97,707	-77,792
359	-27,711940	-49,960860	858,770	978903,630	979150,113	-0,042156	265,016	96,096	18,534	1,087	0,3744	-97,183	-78,650	-96,809	-78,275
360	-27,713690	-49,423410	596,080	978954,660	979150,243	-0,020310	183,950	66,701	-11,632	0,777	2,3713	-67,478	-79,111	-65,107	-76,739

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
361	-27,715630	-49,716020	852,480	978903,050	979150,387	-0,041541	263,075	95,393	15,738	1,082	0,3747	-96,474	-80,736	-96,100	-80,361
362	-27,716660	-49,671660	871,330	978897,780	979150,464	-0,043398	268,892	97,502	16,209	1,097	0,6095	-98,599	-82,390	-97,989	-81,781
363	-27,718200	-49,302200	493,140	978981,294	979150,578	-0,013901	152,183	55,182	-17,101	0,688	2,6080	-55,870	-72,971	-53,262	-70,363
364	-27,726700	-49,980499	878,100	978901,600	979151,210	-0,044075	270,982	98,259	21,372	1,102	0,5397	-99,362	-77,990	-98,822	-77,451
365	-27,729401	-49,728100	875,700	978898,500	979151,411	-0,043835	270,241	97,991	17,330	1,101	0,3160	-99,091	-81,761	-98,775	-81,445
366	-27,735300	-49,752600	898,990	978895,029	979151,850	-0,046197	277,428	100,597	20,608	1,119	0,3039	-101,716	-81,109	-101,412	-80,805
367	-27,742900	-49,883800	886,330	978900,019	979152,415	-0,044905	273,521	99,180	21,125	1,109	0,6145	-100,289	-79,164	-99,675	-78,549
368	-27,744300	-49,945800	860,470	978905,529	979152,519	-0,042323	265,541	96,287	18,551	1,088	0,6072	-97,375	-78,824	-96,768	-78,217
369	-27,748200	-49,816300	861,750	978904,219	979152,809	-0,042449	265,936	96,430	17,346	1,089	0,6434	-97,519	-80,174	-96,876	-79,530
370	-27,748940	-49,221910	792,750	978931,620	979152,864	-0,035923	244,643	88,709	23,398	1,027	1,3509	-89,736	-66,337	-88,385	-64,987
371	-27,750200	-49,280100	541,590	978972,555	979152,958	-0,016767	167,135	60,604	-13,268	0,733	3,6379	-61,337	-74,606	-57,699	-70,968
372	-27,751270	-49,706880	865,010	978899,970	979153,038	-0,042771	266,942	96,795	13,874	1,092	0,3927	-97,887	-84,012	-97,494	-83,620
373	-27,753220	-49,516470	955,870	978883,620	979153,183	-0,052228	294,981	106,962	25,419	1,165	2,5149	-108,127	-82,708	-105,612	-80,193
374	-27,756770	-49,351080	822,910	978917,320	979153,447	-0,038709	253,950	92,084	17,823	1,058	1,8573	-93,142	-75,319	-91,285	-73,462
375	-27,757990	-49,035860	914,080	978908,320	979153,538	-0,047761	282,085	102,286	36,867	1,131	1,7074	-103,417	-66,550	-101,709	-64,842
376	-27,760940	-49,603470	851,690	978904,240	979153,757	-0,041464	262,832	95,304	13,314	1,081	0,8497	-96,385	-83,071	-95,536	-82,222
377	-27,765190	-49,903550	846,470	978907,190	979154,074	-0,040957	261,221	94,720	14,337	1,077	0,7067	-95,797	-81,460	-95,090	-80,754
378	-27,766610	-49,301380	863,760	978913,080	979154,179	-0,042647	266,556	96,655	25,457	1,091	1,6605	-97,746	-72,289	-96,085	-70,628
379	-27,767550	-49,953800	862,080	978904,660	979154,249	-0,042481	266,038	96,467	16,449	1,090	1,3411	-97,556	-81,108	-96,215	-79,767
380	-27,767800	-49,767520	855,750	978903,370	979154,268	-0,041860	264,084	95,758	13,186	1,085	0,4382	-96,843	-83,657	-96,405	-83,218
381	-27,780200	-49,245800	587,780	978965,179	979155,191	-0,019748	181,389	65,773	-8,623	0,770	5,0700	-66,543	-75,166	-61,473	-70,096
382	-27,801000	-49,852400	508,540	978961,690	979156,740	-0,014783	156,935	56,906	-38,115	0,707	2,7562	-57,612	-95,727	-54,856	-92,971
383	-27,806100	-49,773500	850,170	978908,105	979157,120	-0,041316	262,362	95,134	13,347	1,080	0,7519	-96,214	-82,867	-95,462	-82,115
384	-27,807699	-49,510700	890,500	978903,300	979157,239	-0,045328	274,808	99,647	20,869	1,112	0,9926	-100,759	-79,891	-99,767	-78,898
385	-27,810700	-49,212000	861,240	978923,924	979157,463	-0,042399	265,779	96,373	32,240	1,089	1,2178	-97,462	-65,222	-96,244	-64,004
386	-27,812440	-49,290220	919,300	978903,100	979157,593	-0,048308	283,696	102,870	29,203	1,135	3,3694	-104,005	-74,802	-100,636	-71,432
387	-27,813020	-49,599080	866,670	978903,030	979157,636	-0,042935	267,454	96,980	12,848	1,093	1,2300	-98,074	-85,225	-96,844	-83,995
388	-27,816880	-49,718470	971,870	978880,820	979157,924	-0,053991	299,919	108,752	22,815	1,177	0,6462	-109,930	-87,114	-109,284	-86,468
389	-27,817080	-49,535380	894,580	978901,900	979157,938	-0,045745	276,067	100,104	20,029	1,116	0,8291	-101,219	-81,190	-100,390	-80,361
390	-27,820470	-49,659770	864,470	978902,760	979158,191	-0,042717	266,775	96,734	11,344	1,092	0,7102	-97,826	-86,481	-97,116	-85,771

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
391	-27,821130	-49,048300	642,150	978969,580	979158,240	-0,023571	198,167	71,857	9,507	0,814	4,4622	-72,670	-63,163	-68,208	-58,701
392	-27,822630	-49,780880	846,160	978908,730	979158,352	-0,040927	261,125	94,685	11,503	1,077	0,8824	-95,762	-84,259	-94,880	-83,377
393	-27,825300	-49,086550	711,490	978967,410	979158,551	-0,028936	219,566	79,616	28,425	0,881	3,5455	-80,496	-52,072	-76,951	-48,526
394	-27,829330	-49,406410	982,940	978885,820	979158,852	-0,055228	303,335	109,991	30,304	1,186	2,2363	-111,177	-80,874	-108,941	-78,637
395	-27,839300	-49,179900	704,630	978959,996	979159,595	-0,028381	217,449	78,848	17,850	0,868	1,8033	-79,716	-61,867	-77,913	-60,063
396	-27,859220	-49,597300	861,060	978909,420	979161,081	-0,042381	265,723	96,353	14,062	1,089	1,3331	-97,441	-83,379	-96,108	-82,046
397	-27,862000	-49,781300	854,610	978906,772	979161,288	-0,041748	263,733	95,631	9,217	1,084	2,1351	-96,715	-87,498	-94,579	-85,363
398	-27,864580	-49,058250	568,200	978989,220	979161,481	-0,018455	175,347	63,582	3,086	0,755	3,5574	-64,336	-61,250	-60,779	-57,693
399	-27,866800	-49,134800	719,140	978959,233	979161,646	-0,029562	221,927	80,472	19,513	0,894	4,5588	-81,366	-61,853	-76,807	-57,294
400	-27,867580	-49,214660	590,450	978979,300	979161,704	-0,019928	182,213	66,071	-0,191	0,772	4,3708	-66,844	-67,035	-62,473	-62,664
401	-27,871490	-49,415220	957,170	978896,570	979161,996	-0,052370	295,383	107,107	29,957	1,166	1,8287	-108,273	-78,317	-106,444	-76,488
402	-27,872080	-49,122970	586,640	978983,240	979162,040	-0,019672	181,037	65,645	2,237	0,769	3,0075	-66,414	-64,177	-63,407	-61,170
403	-27,872690	-49,725860	865,990	978906,700	979162,086	-0,042867	267,245	96,904	11,859	1,093	0,9746	-97,997	-86,138	-97,022	-85,164
404	-27,876440	-49,483360	912,540	978904,960	979162,366	-0,047600	281,610	102,113	24,204	1,130	2,0164	-103,243	-79,039	-101,227	-77,023
405	-27,877660	-49,167610	858,240	978930,950	979162,457	-0,042104	264,853	96,037	33,346	1,087	1,8532	-97,124	-63,777	-95,270	-61,924
406	-27,902700	-49,127900	450,990	979013,242	979164,326	-0,011626	139,176	50,466	-11,908	0,612	2,1617	-51,078	-62,986	-48,916	-60,824
407	-27,905400	-49,743400	877,050	978906,307	979164,528	-0,043969	270,658	98,142	12,437	1,102	1,7544	-99,244	-86,807	-97,489	-85,052
408	-27,910880	-49,055220	474,850	979006,690	979164,937	-0,012889	146,539	53,136	-11,708	0,655	3,4724	-53,790	-65,499	-50,318	-62,026
409	-27,915190	-49,173800	708,090	978959,960	979165,259	-0,028660	218,517	79,235	13,218	0,875	2,1491	-80,110	-66,892	-77,961	-64,743
410	-27,921130	-49,230190	692,670	978960,280	979165,703	-0,027425	213,758	77,510	8,335	0,854	2,3164	-78,364	-70,029	-76,048	-67,712
411	-27,926330	-49,109330	558,670	978990,980	979166,091	-0,017841	172,406	62,515	-2,706	0,747	1,3482	-63,262	-65,968	-61,914	-64,620
412	-27,931160	-49,670380	886,940	978909,320	979166,452	-0,044966	273,710	99,249	16,578	1,110	3,1308	-100,358	-83,781	-97,227	-80,650
413	-27,932610	-49,554110	958,350	978898,260	979166,560	-0,052499	295,747	107,239	27,446	1,167	1,9707	-108,406	-80,960	-106,435	-78,989
414	-27,937970	-49,608660	923,960	978906,500	979166,961	-0,048798	285,134	103,391	24,673	1,139	2,2780	-104,530	-79,857	-102,252	-77,579
415	-27,941700	-49,692200	872,980	978913,161	979167,240	-0,043562	269,402	97,686	15,323	1,098	2,4330	-98,785	-83,462	-96,352	-81,029
416	-27,955100	-49,581500	920,460	978910,251	979168,242	-0,048429	284,054	102,999	26,063	1,136	1,8255	-104,136	-78,073	-102,310	-76,247
417	-27,966520	-49,048410	754,680	978955,080	979169,096	-0,032555	232,894	84,449	18,879	0,958	1,1248	-85,407	-66,529	-84,282	-65,404
418	-27,971600	-49,642100	883,490	978916,887	979169,476	-0,044617	272,645	98,863	20,056	1,107	3,1169	-99,969	-79,913	-96,852	-76,796
419	-27,977800	-49,598360	890,840	978918,680	979169,939	-0,045362	274,913	99,685	23,654	1,113	2,0217	-100,798	-77,144	-98,776	-75,122
420	-27,979110	-49,095720	351,170	979031,840	979170,037	-0,007049	108,371	39,296	-29,826	0,481	2,1271	-39,777	-69,603	-37,650	-67,476

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
421	-27,981580	-49,174720	299,350	979042,790	979170,222	-0,005122	92,379	33,497	-35,053	0,439	3,4559	-33,936	-68,989	-30,480	-65,533
422	-27,981860	-49,541160	911,830	978913,280	979170,243	-0,047525	281,391	102,034	24,428	1,129	2,3288	-103,163	-78,736	-100,834	-76,407
423	-27,003400	-48,819500	14,030	979046,998	979097,898	-0,000011	4,330	1,570	-46,570	0,011	0,4791	-1,581	-48,151	-1,102	-47,672
424	-27,019000	-48,773200	50,240	979044,971	979099,037	-0,000144	15,504	5,622	-38,562	0,040	1,0135	-5,662	-44,224	-4,649	-43,211
425	-27,020001	-48,650002	4,100	979053,400	979099,111	-0,000001	1,265	0,459	-44,445	0,003	0,3844	-0,462	-44,907	-0,078	-44,523
426	-27,034400	-48,652700	7,950	979052,534	979100,163	-0,000004	2,453	0,890	-45,176	0,006	0,5266	-0,896	-46,072	-0,369	-45,545
427	-27,035700	-48,850700	25,570	979044,172	979100,258	-0,000037	7,891	2,861	-48,195	0,020	0,5202	-2,882	-51,077	-2,362	-50,557
428	-27,056000	-48,695400	11,620	979054,067	979101,742	-0,000008	3,586	1,300	-44,089	0,009	0,7475	-1,310	-45,399	-0,562	-44,652
429	-27,067400	-48,991700	33,790	979031,817	979102,576	-0,000065	10,428	3,781	-60,332	0,027	1,4530	-3,808	-64,140	-2,355	-62,687
430	-27,080000	-48,619999	121,200	979033,100	979103,498	-0,000840	37,402	13,562	-32,996	0,118	1,8284	-13,680	-46,676	-11,852	-44,848
431	-27,082600	-48,732600	29,530	979046,820	979103,689	-0,000050	9,113	3,304	-47,756	0,024	1,8944	-3,328	-51,084	-1,434	-49,189
432	-27,085100	-48,973500	28,490	979035,315	979103,872	-0,000046	8,792	3,188	-59,765	0,023	0,9630	-3,211	-62,975	-2,248	-62,012
433	-27,096400	-48,950900	24,650	979041,923	979104,699	-0,000035	7,607	2,758	-55,169	0,020	1,0549	-2,778	-57,947	-1,723	-56,892
434	-27,098200	-48,917000	21,200	979047,353	979104,831	-0,000026	6,542	2,372	-50,935	0,017	0,8823	-2,389	-53,324	-1,507	-52,442
435	-27,098700	-48,916700	21,200	979047,465	979104,867	-0,000026	6,542	2,372	-50,860	0,017	0,8967	-2,389	-53,249	-1,493	-52,352
436	-27,101400	-48,852700	30,500	979045,000	979105,065	-0,000053	9,412	3,413	-50,653	0,024	1,3736	-3,437	-54,090	-2,064	-52,716
437	-27,106800	-48,773000	91,050	979030,524	979105,460	-0,000474	28,098	10,188	-46,838	0,073	2,4782	-10,261	-57,100	-7,783	-54,621
438	-27,115100	-48,821500	56,450	979036,385	979106,068	-0,000182	17,420	6,317	-52,263	0,045	1,5678	-6,362	-58,625	-4,794	-57,057
439	-27,144200	-48,958900	27,570	979048,122	979108,200	-0,000043	8,508	3,085	-51,570	0,022	1,3783	-3,107	-54,678	-1,729	-53,299
440	-27,146500	-48,500900	0,500	979072,253	979108,369	0,000000	0,154	0,056	-35,962	0,000	0,1746	-0,056	-36,018	0,118	-35,844
441	-27,160299	-48,580898	6,100	979064,200	979109,381	-0,000002	1,882	0,683	-43,298	0,005	0,5054	-0,687	-43,986	-0,182	-43,480
442	-27,164200	-48,884998	185,300	979012,100	979109,667	-0,001963	57,184	20,735	-40,383	0,234	1,4352	-20,969	-61,352	-19,533	-59,917
443	-27,170000	-48,599999	2,700	979067,000	979110,092	0,000000	0,833	0,302	-42,259	0,002	0,5732	-0,304	-42,563	0,269	-41,990
444	-27,198601	-48,833698	35,300	979053,700	979112,191	-0,000071	10,894	3,950	-47,597	0,028	1,2368	-3,978	-51,576	-2,742	-50,339
445	-27,209999	-48,613300	2,300	979066,000	979113,028	0,000000	0,710	0,257	-46,318	0,002	0,4467	-0,259	-46,577	0,187	-46,130
446	-27,243300	-48,631699	2,100	979064,800	979115,474	0,000000	0,648	0,235	-50,026	0,002	0,2887	-0,237	-50,262	0,052	-49,974
447	-27,243300	-48,631599	2,100	979064,800	979115,474	0,000000	0,648	0,235	-50,026	0,002	0,2886	-0,237	-50,262	0,052	-49,974
448	-27,243400	-48,631500	1,860	979066,919	979115,481	0,000000	0,574	0,208	-47,988	0,001	0,2884	-0,210	-48,198	0,079	-47,909
449	-27,248100	-48,667400	4,600	979065,800	979115,827	-0,000001	1,420	0,515	-48,607	0,004	0,3823	-0,518	-49,125	-0,136	-48,743
450	-27,253100	-48,649000	2,900	979064,375	979116,194	0,000000	0,895	0,325	-50,924	0,002	0,3281	-0,327	-51,251	0,001	-50,923

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
451	-27,259500	-48,722500	10,860	979066,969	979116,665	-0,000007	3,351	1,215	-46,344	0,009	0,5861	-1,224	-47,568	-0,638	-46,982
452	-27,260100	-48,682300	4,940	979064,026	979116,709	-0,000001	1,524	0,553	-51,158	0,004	0,4376	-0,557	-51,715	-0,119	-51,277
453	-27,265400	-48,766700	12,560	979067,541	979117,098	-0,000009	3,876	1,405	-45,681	0,010	0,8692	-1,416	-47,097	-0,546	-46,228
454	-27,270700	-48,801200	23,340	979063,050	979117,488	-0,000031	7,203	2,612	-47,235	0,019	0,9597	-2,630	-49,866	-1,671	-48,906
455	-27,277300	-48,851300	19,480	979061,318	979117,973	-0,000022	6,012	2,180	-50,644	0,016	1,1592	-2,195	-52,839	-1,036	-51,680
456	-27,283500	-48,918200	29,000	979048,971	979118,429	-0,000048	8,949	3,245	-60,509	0,023	2,1686	-3,268	-63,777	-1,100	-61,609
457	-27,284000	-48,953400	30,810	979046,317	979118,466	-0,000054	9,508	3,448	-62,641	0,025	1,6499	-3,472	-66,114	-1,822	-64,464
458	-27,284500	-48,886000	21,290	979055,275	979118,503	-0,000026	6,570	2,382	-56,658	0,017	2,4792	-2,399	-59,057	0,080	-56,578
459	-27,287500	-48,970600	40,350	979043,340	979118,724	-0,000093	12,452	4,515	-62,932	0,032	1,9670	-4,547	-67,479	-2,580	-65,512
460	-27,302500	-48,632301	5,900	979066,800	979119,827	-0,000002	1,821	0,660	-51,207	0,005	0,7451	-0,665	-51,872	0,080	-51,127
461	-27,313910	-48,994690	43,210	979040,760	979120,667	-0,000107	13,335	4,835	-66,573	0,035	2,5115	-4,870	-71,442	-2,358	-68,931
462	-27,315700	-48,998600	57,920	979039,233	979120,799	-0,000192	17,874	6,481	-63,692	0,046	2,9479	-6,528	-70,220	-3,580	-67,272
463	-27,360001	-48,705002	15,600	979068,300	979124,062	-0,000014	4,814	1,746	-50,948	0,012	0,9737	-1,758	-52,706	-0,784	-51,732
464	-27,380990	-48,928940	29,840	979056,670	979125,609	-0,000051	9,209	3,339	-59,731	0,024	3,2463	-3,363	-63,094	-0,117	-59,848
465	-27,392470	-48,999830	158,480	979018,830	979126,456	-0,001436	48,907	17,734	-58,719	0,185	6,4419	-17,919	-76,638	-11,477	-70,196
466	-27,393299	-48,433300	2,000	979104,700	979126,517	0,000000	0,617	0,224	-21,200	0,002	0,3558	-0,225	-21,425	0,130	-21,070
467	-27,401900	-48,978200	99,010	979039,406	979127,152	-0,000560	30,554	11,079	-57,191	0,079	3,6227	-11,158	-68,350	-7,536	-64,727
468	-27,415001	-48,709999	7,400	979081,400	979128,118	-0,000003	2,284	0,828	-44,435	0,006	1,4675	-0,834	-45,269	0,634	-43,801
469	-27,418400	-48,954200	43,200	979051,373	979128,369	-0,000107	13,332	4,834	-63,665	0,035	5,8355	-4,869	-68,533	0,967	-62,698
470	-27,418800	-48,953500	43,200	979051,383	979128,399	-0,000107	13,332	4,834	-63,684	0,035	5,6343	-4,869	-68,553	0,766	-62,919
471	-27,420000	-48,432499	1,900	979104,700	979128,487	0,000000	0,586	0,213	-23,201	0,002	0,3312	-0,214	-23,415	0,117	-23,084
472	-27,426600	-48,474999	2,400	979103,200	979128,975	0,000000	0,741	0,269	-25,034	0,002	0,3536	-0,270	-25,304	0,083	-24,951
473	-27,430050	-48,949500	293,030	979004,330	979129,229	-0,004908	90,429	32,790	-34,470	0,427	3,7132	-33,218	-67,688	-29,504	-63,975
474	-27,438270	-48,995080	282,120	979001,300	979129,836	-0,004550	87,062	31,569	-41,474	0,408	6,2212	-31,977	-73,451	-25,756	-67,230
475	-27,440300	-48,421600	3,000	979110,700	979129,986	-0,000001	0,926	0,336	-18,360	0,002	0,3388	-0,338	-18,698	0,001	-18,360
476	-27,440300	-48,400002	7,400	979110,500	979129,986	-0,000003	2,284	0,828	-17,202	0,006	0,1376	-0,834	-18,036	-0,696	-17,899
477	-27,446301	-48,375000	2,200	979117,500	979130,429	0,000000	0,679	0,246	-12,250	0,002	0,2540	-0,248	-12,498	0,006	-12,244
478	-27,455000	-48,395802	4,000	979111,700	979131,072	-0,000001	1,234	0,448	-18,137	0,003	0,1620	-0,451	-18,588	-0,289	-18,426
479	-27,463800	-48,491600	1,700	979097,000	979131,722	0,000000	0,525	0,190	-34,197	0,001	0,2242	-0,192	-34,389	0,033	-34,165
480	-27,479500	-48,487499	2,000	979100,000	979132,882	0,000000	0,617	0,224	-32,265	0,002	0,2758	-0,225	-32,490	0,050	-32,215

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
481	-27,482100	-48,493301	1,300	979101,800	979133,074	0,000000	0,401	0,145	-30,873	0,001	0,3084	-0,147	-31,020	0,162	-30,711
482	-27,484600	-48,996300	209,720	979022,683	979133,259	-0,002514	64,720	23,468	-45,857	0,277	5,4501	-23,745	-69,602	-18,295	-64,152
483	-27,486720	-48,995660	206,930	979020,700	979133,416	-0,002448	63,859	23,155	-48,857	0,272	5,3554	-23,428	-72,285	-18,073	-66,930
484	-27,488990	-48,922220	509,310	978968,270	979133,584	-0,014828	157,173	56,992	-8,141	0,707	3,0291	-57,699	-65,840	-54,670	-62,811
485	-27,489599	-48,537499	1,000	979095,600	979133,629	0,000000	0,309	0,112	-37,720	0,001	0,7540	-0,113	-37,833	0,641	-37,079
486	-27,494301	-48,416599	3,800	979115,500	979133,977	-0,000001	1,173	0,425	-17,304	0,003	0,4404	-0,428	-17,732	0,012	-17,292
487	-27,503599	-48,777901	22,600	979079,300	979134,664	-0,000029	6,974	2,529	-48,390	0,018	1,6736	-2,547	-50,937	-0,873	-49,263
488	-27,505501	-48,519501	5,000	979099,100	979134,805	-0,000001	1,543	0,560	-34,162	0,004	0,5039	-0,564	-34,725	-0,060	-34,221
489	-27,511299	-48,420101	7,300	979118,600	979135,234	-0,000003	2,253	0,817	-14,381	0,006	0,4874	-0,823	-15,204	-0,335	-14,716
490	-27,520001	-48,634998	4,700	979095,500	979135,877	-0,000001	1,450	0,526	-38,927	0,004	0,5990	-0,530	-39,457	0,069	-38,858
491	-27,525000	-48,424999	2,300	979118,400	979136,247	0,000000	0,710	0,257	-17,138	0,002	0,3211	-0,259	-17,397	0,062	-17,076
492	-27,541610	-48,866660	139,700	979054,870	979137,477	-0,001116	43,111	15,632	-39,495	0,151	5,0815	-15,784	-55,279	-10,702	-50,198
493	-27,541599	-48,522099	1,500	979105,900	979137,476	0,000000	0,463	0,168	-31,113	0,001	0,6184	-0,169	-31,282	0,449	-30,664
494	-27,542080	-48,931080	480,250	978978,880	979137,512	-0,013184	148,205	53,740	-10,426	0,664	2,1718	-54,404	-64,831	-52,233	-62,659
495	-27,542801	-48,500000	1,700	979112,200	979137,565	0,000000	0,525	0,190	-24,840	0,001	1,3805	-0,192	-25,032	1,189	-23,651
496	-27,556330	-48,993270	415,980	978989,860	979138,567	-0,009891	128,371	46,548	-20,335	0,549	2,3440	-47,097	-67,432	-44,753	-65,088
497	-27,573299	-48,423302	4,800	979127,500	979139,824	-0,000001	1,481	0,537	-10,842	0,004	0,3396	-0,541	-11,383	-0,201	-11,044
498	-27,575501	-48,534500	3,800	979109,100	979139,987	-0,000001	1,173	0,425	-29,714	0,003	0,5323	-0,428	-30,142	0,104	-29,610
499	-27,576599	-48,515801	2,200	979113,100	979140,068	0,000000	0,679	0,246	-26,289	0,002	0,6230	-0,248	-26,537	0,375	-25,914
500	-27,579100	-48,523800	3,200	979111,300	979140,253	-0,000001	0,988	0,358	-27,966	0,003	0,6755	-0,361	-28,327	0,315	-27,651
501	-27,580500	-48,503300	3,500	979115,400	979140,357	-0,000001	1,080	0,392	-23,877	0,003	1,1424	-0,394	-24,272	0,748	-23,129
502	-27,581101	-48,938599	620,400	978964,600	979140,402	-0,022002	191,455	69,423	15,654	0,796	0,9587	-70,219	-54,565	-69,260	-53,607
503	-27,583000	-48,584999	5,500	979103,900	979140,543	-0,000002	1,697	0,615	-34,945	0,004	0,4103	-0,620	-35,565	-0,210	-35,155
504	-27,583300	-48,566700	8,400	979112,500	979140,565	-0,000004	2,592	0,940	-25,472	0,007	0,3793	-0,947	-26,419	-0,567	-26,040
505	-27,583300	-48,545502	2,000	979111,300	979140,565	0,000000	0,617	0,224	-28,648	0,002	0,5646	-0,225	-28,873	0,339	-28,308
506	-27,586300	-48,547798	1,200	979111,600	979140,787	0,000000	0,370	0,134	-28,817	0,001	0,5690	-0,135	-28,952	0,434	-28,383
507	-27,586880	-48,996550	599,720	978959,920	979140,830	-0,020559	185,074	67,109	4,164	0,780	1,2486	-67,888	-63,725	-66,640	-62,476
508	-27,587970	-48,923220	629,000	978966,050	979140,911	-0,022616	194,109	70,385	19,249	0,803	1,0186	-71,188	-51,940	-70,170	-50,921
509	-27,588600	-48,553001	1,200	979111,100	979140,958	0,000000	0,370	0,134	-29,487	0,001	0,4233	-0,135	-29,622	0,288	-29,199
510	-27,588800	-48,437500	3,100	979128,300	979140,972	-0,000001	0,957	0,347	-11,716	0,002	0,5622	-0,349	-12,065	0,213	-11,503



QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
511	-27,590220	-48,874220	400,230	979015,130	979141,078	-0,009157	123,511	44,786	-2,437	0,520	1,5038	-45,306	-47,743	-43,802	-46,239
512	-27,590300	-48,557098	0,500	979110,000	979141,083	0,000000	0,154	0,056	-30,929	0,000	0,3924	-0,056	-30,986	0,336	-30,593
513	-27,592100	-48,576302	8,500	979105,600	979141,217	-0,000004	2,623	0,951	-32,994	0,007	0,3748	-0,958	-33,952	-0,583	-33,577
514	-27,593599	-48,491600	3,000	979120,200	979141,328	-0,000001	0,926	0,336	-20,202	0,002	2,1593	-0,338	-20,540	1,821	-18,381
515	-27,594500	-48,561298	23,500	979105,600	979141,395	-0,000032	7,252	2,630	-28,543	0,019	0,3807	-2,648	-31,191	-2,268	-30,810
516	-27,594999	-48,570499	26,800	979103,500	979141,432	-0,000041	8,270	2,999	-29,661	0,021	0,3895	-3,020	-32,682	-2,631	-32,292
517	-27,596300	-48,583302	7,700	979105,300	979141,528	-0,000003	2,376	0,862	-33,852	0,006	0,3622	-0,868	-34,720	-0,506	-34,358
518	-27,597000	-48,552799	6,900	979111,200	979141,580	-0,000003	2,129	0,772	-28,251	0,006	0,5141	-0,778	-29,028	-0,264	-28,514
519	-27,597799	-48,549099	15,200	979110,000	979141,639	-0,000013	4,691	1,701	-26,949	0,012	0,6289	-1,713	-28,662	-1,084	-28,033
520	-27,598000	-48,589100	32,200	979099,200	979141,654	-0,000059	9,937	3,603	-32,517	0,026	0,3865	-3,629	-36,146	-3,242	-35,760
521	-27,599100	-48,520302	9,000	979114,500	979141,736	-0,000005	2,777	1,007	-24,458	0,007	0,7968	-1,014	-25,473	-0,218	-24,676
522	-27,600000	-48,566700	8,450	979105,480	979141,803	-0,000004	2,608	0,946	-33,715	0,007	0,3860	-0,952	-34,667	-0,566	-34,281
523	-27,602100	-48,544998	2,000	979114,000	979141,958	0,000000	0,617	0,224	-27,341	0,002	1,0008	-0,225	-27,566	0,775	-26,566
524	-27,602100	-48,535000	4,500	979115,900	979141,958	-0,000001	1,389	0,504	-24,670	0,004	0,9014	-0,507	-25,177	0,394	-24,275
525	-27,603300	-48,548599	1,500	979114,200	979142,047	0,000000	0,463	0,168	-27,384	0,001	0,8334	-0,169	-27,553	0,664	-26,720
526	-27,603300	-48,518601	5,200	979118,600	979142,047	-0,000002	1,605	0,582	-21,843	0,004	1,0114	-0,586	-22,429	0,425	-21,417
527	-27,603600	-48,520001	2,500	979117,600	979142,069	0,000000	0,772	0,280	-23,698	0,002	0,9844	-0,282	-23,980	0,703	-22,995
528	-27,605000	-48,619999	3,900	979102,700	979142,173	-0,000001	1,204	0,436	-38,270	0,003	0,5771	-0,440	-38,709	0,138	-38,132
529	-27,605499	-48,462502	4,500	979125,100	979142,210	-0,000001	1,389	0,504	-15,722	0,004	0,6459	-0,507	-16,229	0,139	-15,583
530	-27,605499	-48,438801	2,900	979128,900	979142,210	0,000000	0,895	0,325	-12,415	0,002	0,3022	-0,327	-12,742	-0,025	-12,440
531	-27,607100	-48,546299	3,400	979115,200	979142,329	-0,000001	1,049	0,380	-26,080	0,003	0,9142	-0,383	-26,463	0,531	-25,549
532	-27,609501	-48,533600	2,700	979116,700	979142,507	0,000000	0,833	0,302	-24,974	0,002	0,8468	-0,304	-25,278	0,543	-24,431
533	-27,613300	-48,553299	8,300	979105,600	979142,789	-0,000004	2,561	0,929	-34,627	0,007	0,3830	-0,935	-35,563	-0,552	-35,180
534	-27,620800	-48,447102	4,500	979129,500	979143,345	-0,000001	1,389	0,504	-12,456	0,004	0,3442	-0,507	-12,963	-0,163	-12,619
535	-27,626020	-48,993380	564,710	978971,590	979143,732	-0,018229	174,270	63,191	2,127	0,752	1,7183	-63,943	-61,816	-62,225	-60,097
536	-27,633301	-48,522499	2,800	979123,700	979144,272	0,000000	0,864	0,313	-19,708	0,002	2,3466	-0,316	-20,024	2,031	-17,677
537	-27,645001	-48,665001	3,300	979101,800	979145,141	-0,000001	1,018	0,369	-42,322	0,003	0,8322	-0,372	-42,694	0,460	-41,862
538	-27,646601	-48,520500	3,200	979128,100	979145,259	-0,000001	0,988	0,358	-16,172	0,003	1,4436	-0,361	-16,532	1,083	-15,089
539	-27,648830	-48,930440	660,840	978967,430	979145,425	-0,024963	203,935	73,948	25,940	0,829	1,3984	-74,777	-48,836	-73,378	-47,438
540	-27,656940	-48,870860	233,870	979050,160	979146,027	-0,003126	72,172	26,170	-23,695	0,321	3,4438	-26,491	-50,186	-23,047	-46,742

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
541	-27,660999	-48,500000	2,400	979131,200	979146,328	0,000000	0,741	0,269	-14,388	0,002	0,6662	-0,270	-14,658	0,396	-13,992
542	-27,663300	-48,541599	3,900	979120,000	979146,499	-0,000001	1,204	0,436	-25,295	0,003	0,4024	-0,440	-25,735	-0,037	-25,333
543	-27,666901	-48,793098	21,800	979093,800	979146,766	-0,000027	6,727	2,439	-46,239	0,017	2,4372	-2,457	-48,696	-0,020	-46,259
544	-27,670799	-48,507000	6,800	979131,200	979147,056	-0,000003	2,098	0,761	-13,757	0,005	0,4794	-0,766	-14,524	-0,287	-14,044
545	-27,671600	-48,553299	3,100	979119,100	979147,115	-0,000001	0,957	0,347	-27,059	0,002	0,4191	-0,349	-27,408	0,070	-26,989
546	-27,678301	-48,530499	2,900	979124,600	979147,613	0,000000	0,895	0,325	-22,118	0,002	0,4086	-0,327	-22,445	0,082	-22,036
547	-27,680500	-48,495800	3,800	979128,800	979147,776	-0,000001	1,173	0,425	-17,804	0,003	0,3421	-0,428	-18,232	-0,086	-17,890
548	-27,684601	-48,533299	7,600	979122,000	979148,081	-0,000003	2,345	0,850	-23,736	0,006	0,4419	-0,857	-24,592	-0,415	-24,150
549	-27,688299	-48,565300	36,200	979113,100	979148,356	-0,000075	11,171	4,051	-24,084	0,029	0,5167	-4,080	-28,164	-3,563	-27,647
550	-27,690001	-48,665001	4,900	979098,400	979148,482	-0,000001	1,512	0,548	-48,570	0,004	1,4641	-0,552	-49,122	0,912	-47,658
551	-27,693300	-48,563801	4,800	979120,400	979148,727	-0,000001	1,481	0,537	-26,846	0,004	0,5840	-0,541	-27,387	0,043	-26,803
552	-27,695299	-48,533299	4,700	979126,600	979148,876	-0,000001	1,450	0,526	-20,825	0,004	0,5609	-0,530	-21,355	0,031	-20,794
553	-27,701901	-48,850800	130,700	979068,400	979149,366	-0,000976	40,334	14,625	-40,632	0,135	2,7903	-14,761	-55,393	-11,970	-52,603
554	-27,702550	-48,939160	438,420	979012,550	979149,415	-0,010987	135,296	49,059	-1,568	0,589	1,8080	-49,648	-51,217	-47,840	-49,409
555	-27,703600	-48,506100	2,700	979130,800	979149,493	0,000000	0,833	0,302	-17,860	0,002	0,3769	-0,304	-18,164	0,073	-17,787
556	-27,703880	-48,992110	733,700	978949,070	979149,514	-0,030771	226,420	82,101	25,976	0,921	2,7210	-83,022	-57,045	-80,301	-54,324
557	-27,704160	-48,866520	226,540	979051,520	979149,534	-0,002934	69,910	25,350	-28,104	0,308	3,0169	-25,658	-53,762	-22,641	-50,745
558	-27,715300	-48,508301	19,000	979130,700	979150,362	-0,000021	5,863	2,126	-13,799	0,015	0,4832	-2,141	-15,940	-1,658	-15,457
559	-27,718000	-48,562100	4,000	979120,200	979150,563	-0,000001	1,234	0,448	-29,129	0,003	2,7496	-0,451	-29,580	2,299	-26,830
560	-27,718300	-48,561600	13,600	979120,300	979150,585	-0,000011	4,197	1,522	-26,089	0,011	2,9380	-1,533	-27,621	1,405	-24,683
561	-27,719500	-48,502102	46,800	979125,300	979150,675	-0,000125	14,442	5,237	-10,932	0,037	0,4134	-5,274	-16,207	-4,861	-15,793
562	-27,738800	-48,506599	2,100	979133,700	979152,110	0,000000	0,648	0,235	-17,762	0,002	0,5266	-0,237	-17,999	0,290	-17,472
563	-27,750000	-48,558300	8,400	979126,100	979152,943	-0,000004	2,592	0,940	-24,251	0,007	1,5899	-0,947	-25,198	0,643	-23,608
564	-27,750000	-48,500000	8,000	979132,700	979152,943	-0,000004	2,469	0,895	-17,774	0,006	0,7417	-0,902	-18,676	-0,160	-17,934
565	-27,754360	-48,987380	379,800	979024,960	979153,268	-0,008245	117,206	42,500	-11,101	0,504	3,3841	-43,003	-54,105	-39,619	-50,721
566	-27,758720	-48,929800	237,700	979046,460	979153,592	-0,003230	73,354	26,599	-33,778	0,328	5,4535	-26,926	-60,704	-21,473	-55,251
567	-27,775000	-48,630001	16,000	979110,600	979154,804	-0,000015	4,938	1,790	-39,266	0,013	2,8967	-1,803	-41,070	1,094	-38,173
568	-27,781099	-48,505501	15,300	979133,500	979155,258	-0,000013	4,722	1,712	-17,037	0,012	2,1916	-1,724	-18,761	0,467	-16,569
569	-27,790300	-48,558300	2,400	979131,600	979155,943	0,000000	0,741	0,269	-23,603	0,002	3,7369	-0,270	-23,873	3,466	-20,136
570	-27,818520	-48,990080	587,890	978988,410	979158,046	-0,019756	181,423	65,785	11,787	0,770	2,0959	-66,555	-54,768	-64,459	-52,672

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
571	-27,840000	-48,630001	10,100	979113,100	979159,647	-0,000006	3,117	1,130	-43,430	0,008	1,4267	-1,138	-44,569	0,288	-43,142
572	-27,840700	-48,968899	610,600	978983,500	979159,699	-0,021312	188,431	68,326	12,232	0,788	1,5688	-69,115	-56,883	-67,546	-55,314
573	-27,866580	-48,986940	609,180	978982,750	979161,630	-0,021213	187,993	68,167	9,113	0,787	2,9537	-68,955	-59,841	-66,001	-56,888
574	-27,867630	-48,919440	472,150	979010,500	979161,708	-0,012743	145,705	52,834	-5,503	0,650	3,5923	-53,483	-58,986	-49,891	-55,394
575	-27,895001	-48,625000	2,000	979131,500	979163,751	0,000000	0,617	0,224	-31,634	0,002	0,8041	-0,225	-31,859	0,579	-31,055
576	-27,910101	-48,828701	635,300	978991,100	979164,879	-0,023071	196,054	71,090	22,275	0,808	5,2226	-71,898	-49,623	-66,676	-44,401
577	-27,918610	-48,911660	550,760	979001,730	979165,514	-0,017339	169,965	61,630	6,180	0,741	2,1772	-62,371	-56,190	-60,193	-54,013
578	-27,919380	-48,927360	408,690	979030,140	979165,572	-0,009547	126,122	45,732	-9,310	0,536	2,4541	-46,268	-55,578	-43,814	-53,124
579	-27,975800	-48,927630	444,900	979024,020	979169,790	-0,011314	137,296	49,784	-8,474	0,601	1,9525	-50,385	-58,859	-48,433	-56,906
580	-27,979020	-48,985610	447,430	979018,860	979170,031	-0,011443	138,077	50,067	-13,094	0,605	1,9776	-50,673	-63,767	-48,695	-61,789
581	-27,983299	-48,680000	6,900	979133,700	979170,351	-0,000003	2,129	0,772	-34,522	0,006	2,0307	-0,778	-35,299	1,253	-33,268
582	-28,000000	-49,759998	43,800	979101,500	979171,601	-0,000110	13,517	4,901	-56,584	0,035	1,9150	-4,936	-61,520	-3,021	-59,605
583	-28,001500	-49,531000	930,670	978912,045	979171,713	-0,049509	287,205	104,142	27,537	1,145	3,1441	-105,287	-77,750	-102,142	-74,606
584	-28,015400	-49,594000	918,570	978915,572	979172,754	-0,048230	283,471	102,788	26,289	1,135	2,7847	-103,923	-77,634	-101,138	-74,849
585	-28,017270	-49,526970	927,960	978912,380	979172,894	-0,049221	286,368	103,839	25,855	1,142	3,6532	-104,981	-79,126	-101,328	-75,473
586	-28,026080	-49,052250	489,190	979011,430	979173,553	-0,013679	150,964	54,740	-11,159	0,681	1,4990	-55,421	-66,580	-53,922	-65,081
587	-28,026270	-49,589240	929,580	978912,980	979173,568	-0,049393	286,868	104,020	26,281	1,144	2,8754	-105,164	-78,883	-102,288	-76,008
588	-28,026970	-49,223860	386,580	979028,070	979173,620	-0,008542	119,299	43,258	-26,252	0,509	2,4793	-43,768	-70,019	-41,288	-67,540
589	-28,028940	-49,174940	348,480	979033,760	979173,768	-0,006941	107,541	38,995	-32,467	0,479	1,3125	-39,474	-71,940	-38,161	-70,628
590	-28,034080	-49,288800	704,440	978963,350	979174,153	-0,028365	217,390	78,827	6,587	0,868	2,5787	-79,695	-73,107	-77,116	-70,529
591	-28,036880	-49,385050	988,690	978908,670	979174,362	-0,055875	305,110	110,634	39,417	1,191	4,3987	-111,825	-72,408	-107,427	-68,009
592	-28,039130	-49,471970	929,330	978914,630	979174,531	-0,049367	286,791	103,992	26,890	1,143	3,0272	-105,135	-78,245	-102,108	-75,218
593	-28,040050	-49,105880	321,150	979044,760	979174,600	-0,005895	99,107	35,937	-30,733	0,457	2,1523	-36,394	-67,127	-34,241	-64,974
594	-28,041500	-49,483500	927,860	978914,800	979174,709	-0,049211	286,338	103,828	26,429	1,142	3,5962	-104,970	-78,541	-101,374	-74,945
595	-28,054300	-49,431500	963,580	978911,584	979175,668	-0,053073	297,361	107,825	33,277	1,171	2,7437	-108,995	-75,718	-106,252	-72,975
596	-28,058300	-49,348700	745,380	978955,843	979175,968	-0,031758	230,024	83,408	9,900	0,942	5,4266	-84,350	-74,450	-78,923	-69,023
597	-28,076220	-49,042500	364,020	979043,090	979177,311	-0,007574	112,337	40,734	-21,885	0,491	0,9800	-41,225	-63,110	-40,245	-62,130
598	-28,081200	-49,313600	425,290	979024,353	979177,685	-0,010339	131,244	47,590	-22,087	0,566	3,1102	-48,155	-70,243	-45,045	-67,132
599	-28,084020	-49,161880	195,410	979070,750	979177,896	-0,002183	60,304	21,866	-46,843	0,252	1,6023	-22,118	-68,961	-20,516	-67,358
600	-28,086940	-49,110690	212,630	979071,540	979178,115	-0,002584	65,618	23,793	-40,957	0,283	1,6305	-24,076	-65,033	-22,446	-63,403

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
601	-28,089020	-49,329740	550,620	978996,900	979178,271	-0,017330	169,921	61,614	-11,450	0,740	4,6930	-62,355	-73,805	-57,662	-69,112
602	-28,090880	-49,223860	349,670	979038,230	979178,411	-0,006989	107,908	39,128	-32,272	0,480	1,7681	-39,608	-71,880	-37,840	-70,112
603	-28,091300	-49,291880	376,410	979033,180	979178,442	-0,008099	116,160	42,120	-29,102	0,501	2,8377	-42,621	-71,723	-39,784	-68,886
604	-28,108800	-49,296300	224,440	979063,070	979179,755	-0,002879	69,262	25,115	-47,423	0,304	3,8076	-25,419	-72,842	-21,611	-69,034
605	-28,131110	-49,043750	256,800	979071,510	979181,430	-0,003769	79,248	28,736	-30,671	0,362	0,8454	-29,098	-59,769	-28,253	-58,924
606	-28,135770	-49,106610	113,750	979098,840	979181,780	-0,000740	35,103	12,729	-47,836	0,105	2,3105	-12,833	-60,670	-10,523	-58,359
607	-28,139000	-49,252100	160,760	979075,929	979182,022	-0,001477	49,611	17,989	-56,483	0,189	2,7942	-18,178	-74,661	-15,384	-71,867
608	-28,140130	-49,348880	464,450	979018,780	979182,107	-0,012330	143,329	51,972	-19,998	0,636	2,7665	-52,608	-72,606	-49,841	-69,839
609	-28,141000	-49,225110	214,450	979065,600	979182,172	-0,002629	66,179	23,997	-50,393	0,286	2,0606	-24,283	-74,676	-22,222	-72,616
610	-28,142580	-49,288270	335,880	979042,900	979182,291	-0,006449	103,653	37,585	-35,739	0,469	1,7580	-38,054	-73,792	-36,296	-72,034
611	-28,143830	-49,161970	174,940	979085,330	979182,385	-0,001749	53,986	19,576	-43,069	0,215	2,0376	-19,791	-62,859	-17,753	-60,822
612	-28,185800	-49,214100	112,020	979094,491	979185,539	-0,000717	34,569	12,535	-56,478	0,102	2,2767	-12,637	-69,115	-10,360	-66,838
613	-28,186190	-49,044970	273,230	979072,200	979185,568	-0,004267	84,319	30,574	-29,049	0,392	0,8373	-30,966	-60,016	-30,129	-59,178
614	-28,187970	-49,101330	410,310	979043,150	979185,702	-0,009623	126,622	45,914	-15,930	0,539	1,1457	-46,452	-62,382	-45,307	-61,237
615	-28,191360	-49,220270	127,170	979092,560	979185,957	-0,000924	39,245	14,230	-54,152	0,129	2,3272	-14,359	-68,511	-12,032	-66,184
616	-28,194080	-49,163050	86,500	979107,270	979186,161	-0,000428	26,694	9,679	-52,197	0,069	1,4235	-9,749	-61,946	-8,325	-60,522
617	-28,194630	-49,341860	308,110	979053,380	979186,203	-0,005426	95,083	34,478	-37,740	0,446	2,0841	-34,924	-72,664	-32,840	-70,580
618	-28,198860	-49,286940	241,270	979068,530	979186,521	-0,003327	74,456	26,998	-43,535	0,334	1,9316	-27,332	-70,867	-25,401	-68,936
619	-28,226700	-49,199600	76,390	979107,544	979188,615	-0,000334	23,574	8,548	-57,497	0,061	2,5710	-8,609	-66,106	-6,038	-63,535
620	-28,240720	-49,099630	326,430	979063,270	979189,670	-0,006091	100,736	36,528	-25,664	0,461	0,9502	-36,989	-62,653	-36,038	-61,702
621	-28,241440	-49,046020	277,200	979073,010	979189,724	-0,004392	85,544	31,019	-31,171	0,399	2,3130	-31,418	-62,588	-29,105	-60,275
622	-28,246410	-49,404190	317,800	979053,680	979190,099	-0,005773	98,073	35,562	-38,346	0,454	2,7932	-36,016	-74,362	-33,223	-71,568
623	-28,247910	-49,168360	68,900	979112,650	979190,212	-0,000271	21,263	7,710	-56,299	0,055	1,6894	-7,765	-64,064	-6,076	-62,375
624	-28,249970	-49,230380	376,120	979050,010	979190,367	-0,008086	116,071	42,088	-24,286	0,501	1,3196	-42,589	-66,875	-41,269	-65,555
625	-28,253000	-49,280720	342,250	979056,470	979190,595	-0,006695	105,618	38,298	-28,506	0,474	1,1017	-38,772	-67,278	-37,670	-66,176
626	-28,268110	-49,464940	284,190	979057,970	979191,733	-0,004616	87,701	31,801	-46,062	0,412	6,3130	-32,212	-78,274	-25,899	-71,961
627	-28,270001	-49,154999	58,500	979119,500	979191,875	-0,000196	18,053	6,546	-54,322	0,047	1,2927	-6,593	-60,915	-5,300	-59,622
628	-28,293301	-49,090000	95,100	979112,800	979193,631	-0,000517	29,348	10,642	-51,483	0,076	1,6623	-10,718	-62,201	-9,055	-60,538
629	-28,293270	-49,033660	74,720	979117,720	979193,628	-0,000319	23,059	8,361	-52,850	0,060	2,5572	-8,421	-61,271	-5,864	-58,714
630	-28,298750	-49,339970	284,160	979070,140	979194,041	-0,004615	87,692	31,798	-36,210	0,411	1,4158	-32,209	-68,419	-30,793	-67,003

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
631	-28,298940	-49,104910	95,260	979112,560	979194,056	-0,000519	29,397	10,660	-52,099	0,076	1,3945	-10,736	-62,834	-9,341	-61,440
632	-28,299999	-49,009998	15,800	979131,200	979194,136	-0,000014	4,876	1,768	-58,060	0,013	1,6187	-1,781	-59,840	-0,162	-58,222
633	-28,300910	-49,287360	190,060	979089,310	979194,204	-0,002065	58,653	21,268	-46,242	0,242	1,5122	-21,510	-67,752	-19,998	-66,239
634	-28,302410	-49,415970	258,310	979069,720	979194,317	-0,003814	79,714	28,905	-44,883	0,365	2,3577	-29,270	-74,153	-26,912	-71,795
635	-28,304770	-49,156270	59,260	979120,640	979194,495	-0,000201	18,288	6,631	-55,568	0,047	1,3139	-6,679	-62,246	-5,365	-60,932
636	-28,309380	-49,222050	213,680	979086,640	979194,843	-0,002610	65,942	23,911	-42,261	0,285	2,3353	-24,195	-66,457	-21,860	-64,121
637	-28,317410	-49,462750	416,460	979038,760	979195,448	-0,009914	128,520	46,602	-28,169	0,550	4,3333	-47,152	-75,320	-42,818	-70,987
638	-28,320000	-49,185001	120,800	979106,600	979195,644	-0,000834	37,279	13,518	-51,765	0,117	1,9724	-13,635	-65,400	-11,663	-63,427
639	-28,330000	-49,029999	13,200	979133,800	979196,398	-0,000010	4,074	1,477	-58,524	0,011	1,2353	-1,488	-60,012	-0,252	-58,777
640	-28,347630	-49,027910	15,730	979132,730	979197,728	-0,000014	4,854	1,760	-60,144	0,013	1,8419	-1,773	-61,917	0,069	-60,075
641	-28,350000	-49,270001	141,900	979104,200	979197,907	-0,001151	43,790	15,879	-49,917	0,155	1,5134	-16,034	-65,951	-14,521	-64,437
642	-28,354800	-49,220860	299,450	979071,590	979198,269	-0,005125	92,410	33,508	-34,269	0,439	1,6423	-33,947	-68,216	-32,305	-66,574
643	-28,356630	-49,410770	220,180	979084,430	979198,407	-0,002771	67,948	24,638	-46,030	0,296	2,1990	-24,934	-70,964	-22,735	-68,765
644	-28,357940	-49,098720	475,170	979039,210	979198,506	-0,012906	146,637	53,172	-12,659	0,655	2,1055	-53,827	-66,486	-51,721	-64,380
645	-28,358299	-49,285000	149,100	979102,800	979198,533	-0,001271	46,012	16,684	-49,721	0,168	1,4060	-16,853	-66,574	-15,447	-65,168
646	-28,358550	-49,160800	40,250	979124,550	979198,552	-0,000093	12,421	4,504	-61,581	0,032	2,9091	-4,536	-66,117	-1,627	-63,208
647	-28,359500	-49,450970	263,960	979073,120	979198,624	-0,003983	81,458	29,537	-44,046	0,375	3,4796	-29,912	-73,958	-26,433	-70,478
648	-28,363080	-49,285410	94,990	979114,030	979198,894	-0,000516	29,314	10,629	-55,550	0,076	1,4168	-10,705	-66,256	-9,289	-64,839
649	-28,365440	-49,342050	142,970	979104,970	979199,072	-0,001168	44,121	15,998	-49,982	0,157	1,7489	-16,156	-66,137	-14,407	-64,389
650	-28,391800	-49,527440	789,590	978956,230	979201,063	-0,035636	243,667	88,355	-1,165	1,021	9,7106	-89,376	-90,542	-79,666	-80,831
651	-28,392700	-49,396500	220,130	979090,313	979201,131	-0,002770	67,932	24,633	-42,886	0,296	1,9037	-24,929	-67,815	-23,025	-65,911
652	-28,403910	-49,152770	33,800	979128,570	979201,978	-0,000065	10,431	3,782	-62,977	0,027	2,8275	-3,809	-66,786	-0,982	-63,959
653	-28,408380	-49,225050	114,710	979111,870	979202,316	-0,000752	35,400	12,836	-55,046	0,106	1,5170	-12,943	-67,989	-11,426	-66,472
654	-28,410690	-49,040610	50,740	979133,270	979202,490	-0,000147	15,658	5,678	-53,562	0,041	1,3359	-5,718	-59,280	-4,382	-57,944
655	-28,410860	-49,102610	14,170	979134,410	979202,503	-0,000011	4,373	1,586	-63,720	0,011	2,2648	-1,597	-65,317	0,668	-63,052
656	-28,411220	-49,348380	264,840	979082,730	979202,530	-0,004009	81,730	29,636	-38,071	0,377	1,0511	-30,012	-68,083	-28,961	-67,032
657	-28,411580	-49,407250	282,630	979078,060	979202,557	-0,004566	87,220	31,626	-37,278	0,409	1,6130	-32,035	-69,313	-30,422	-67,700
658	-28,412990	-49,287330	168,160	979103,500	979202,664	-0,001616	51,894	18,817	-47,270	0,203	0,8112	-19,020	-66,290	-18,209	-65,478
659	-28,427690	-49,477240	368,830	979056,780	979203,775	-0,007776	113,821	41,272	-33,174	0,495	5,6414	-41,767	-74,941	-36,126	-69,300
660	-28,440001	-49,185001	207,300	979095,900	979204,706	-0,002456	63,973	23,197	-44,833	0,273	1,7245	-23,470	-68,303	-21,746	-66,579

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
661	-28,452470	-49,107080	319,150	979078,200	979205,649	-0,005822	98,490	35,713	-28,959	0,455	1,8748	-36,168	-65,128	-34,293	-63,253
662	-28,459380	-49,035110	8,150	979153,020	979206,172	-0,000004	2,515	0,912	-50,637	0,007	1,0495	-0,919	-51,555	0,131	-50,506
663	-28,463360	-49,165080	203,450	979099,160	979206,473	-0,002366	62,785	22,766	-44,528	0,266	1,5007	-23,032	-67,561	-21,532	-66,060
664	-28,466440	-49,475080	238,200	979088,080	979206,706	-0,003243	73,509	26,655	-45,117	0,329	3,7829	-26,983	-72,101	-23,200	-68,318
665	-28,466500	-49,283770	263,520	979088,460	979206,711	-0,003969	81,322	29,488	-36,928	0,374	0,8284	-29,862	-66,791	-29,034	-65,962
666	-28,467940	-49,417800	477,530	979048,230	979206,820	-0,013034	147,366	53,436	-11,224	0,660	1,9210	-54,095	-65,319	-52,174	-63,398
667	-28,468000	-49,221580	191,590	979101,990	979206,824	-0,002098	59,125	21,439	-45,709	0,245	0,8891	-21,684	-67,393	-20,795	-66,504
668	-28,468220	-49,349130	341,850	979073,120	979206,841	-0,006680	105,495	38,253	-28,226	0,473	1,2647	-38,726	-66,952	-37,462	-65,688
669	-28,483200	-49,035999	25,200	979157,800	979207,974	-0,000036	7,777	2,820	-42,398	0,020	0,7625	-2,840	-45,238	-2,078	-44,475
670	-28,488100	-49,451000	188,200	979104,900	979208,345	-0,002025	58,079	21,060	-45,367	0,239	2,8465	-21,298	-66,665	-18,452	-63,819
671	-28,504860	-49,042380	0,570	979166,830	979209,614	0,000000	0,176	0,064	-42,609	0,000	0,5673	-0,064	-42,673	0,503	-42,106
672	-28,514999	-49,457501	147,900	979113,900	979210,382	-0,001250	45,642	16,550	-50,841	0,166	2,7910	-16,716	-67,557	-13,925	-64,766
673	-28,515910	-49,347220	138,580	979118,970	979210,451	-0,001098	42,766	15,507	-48,716	0,149	1,1347	-15,657	-64,372	-14,522	-63,238
674	-28,518990	-49,159550	329,700	979081,410	979210,685	-0,006213	101,745	36,893	-27,529	0,464	0,4617	-37,357	-64,887	-36,895	-64,425
675	-28,519470	-49,278720	258,050	979090,310	979210,721	-0,003806	79,634	28,876	-40,777	0,364	1,8768	-29,240	-70,017	-27,363	-68,140
676	-28,519520	-49,095860	335,330	979087,960	979210,725	-0,006427	103,483	37,523	-19,282	0,468	1,5656	-37,992	-57,274	-36,426	-55,708
677	-28,521401	-49,055599	6,800	979166,800	979210,867	-0,000003	2,098	0,761	-41,969	0,005	0,7221	-0,766	-42,735	-0,044	-42,013
678	-28,521700	-49,318298	44,800	979136,900	979210,890	-0,000115	13,825	5,013	-60,165	0,036	1,7466	-5,049	-65,214	-3,302	-63,467
679	-28,523300	-49,407660	448,920	979058,890	979211,011	-0,011519	138,537	50,234	-13,585	0,608	1,9877	-50,842	-64,427	-48,855	-62,439
680	-28,524610	-49,461720	148,860	979114,030	979211,111	-0,001267	45,938	16,657	-51,142	0,168	2,6883	-16,825	-67,968	-14,137	-65,279
681	-28,526970	-49,219220	351,900	979074,100	979211,289	-0,007078	108,596	39,378	-28,593	0,482	0,6524	-39,859	-68,452	-39,207	-67,800
682	-28,536720	-49,518910	257,530	979090,170	979212,028	-0,003791	79,474	28,818	-42,385	0,364	5,1707	-29,181	-71,566	-24,010	-66,395
683	-28,567520	-49,158110	189,910	979115,890	979214,363	-0,002061	58,606	21,251	-39,867	0,242	0,2941	-21,493	-61,360	-21,199	-61,066
684	-28,567630	-49,342110	145,020	979118,910	979214,372	-0,001202	44,753	16,228	-50,709	0,161	0,8011	-16,389	-67,097	-15,588	-66,296
685	-28,569610	-49,211880	254,590	979098,170	979214,522	-0,003705	78,566	28,489	-37,785	0,358	1,0313	-28,847	-66,632	-27,816	-65,601
686	-28,569940	-49,050490	-0,790	979164,070	979214,547	0,000000	-0,244	-0,088	-50,721	-0,001	0,3038	0,089	-50,632	0,393	-50,328
687	-28,572330	-49,470520	86,660	979129,460	979214,728	-0,000429	26,743	9,697	-58,525	0,069	1,8601	-9,767	-68,292	-7,906	-66,431
688	-28,573690	-49,523750	137,220	979118,640	979214,831	-0,001076	42,346	15,355	-53,845	0,147	2,8734	-15,502	-69,347	-12,629	-66,474
689	-28,576500	-49,400660	149,510	979119,640	979215,045	-0,001278	46,139	16,730	-49,266	0,169	1,8815	-16,899	-66,165	-15,018	-64,284
690	-28,577220	-49,100000	16,290	979157,440	979215,099	-0,000015	5,027	1,823	-52,632	0,013	0,7909	-1,836	-54,468	-1,045	-53,677

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
691	-28,578301	-49,325001	62,700	979136,800	979215,181	-0,000225	19,349	7,016	-59,032	0,050	0,6935	-7,066	-66,098	-6,373	-65,405
692	-28,580270	-49,282130	24,690	979141,150	979215,331	-0,000035	7,619	2,763	-66,561	0,020	0,7561	-2,783	-69,344	-2,026	-68,588
693	-28,610440	-49,585440	161,210	979108,680	979217,620	-0,001485	49,749	18,039	-59,191	0,190	6,3690	-18,230	-77,420	-11,861	-71,051
694	-28,620130	-49,037130	11,340	979171,840	979218,356	-0,000007	3,500	1,269	-43,016	0,009	0,1525	-1,278	-44,294	-1,126	-44,142
695	-28,623380	-49,156080	45,130	979150,270	979218,603	-0,000116	13,927	5,050	-54,406	0,036	0,4933	-5,086	-59,492	-4,593	-58,998
696	-28,625630	-49,219580	17,840	979150,570	979218,774	-0,000018	5,505	1,996	-62,698	0,014	0,4631	-2,011	-64,709	-1,547	-64,246
697	-28,625880	-49,464740	274,780	979097,660	979218,793	-0,004316	84,797	30,748	-36,335	0,395	1,5537	-31,142	-67,478	-29,589	-65,924
698	-28,628160	-49,287630	28,560	979145,190	979218,966	-0,000047	8,814	3,196	-64,962	0,023	0,4766	-3,219	-68,181	-2,742	-67,704
699	-28,629220	-49,092860	39,620	979160,840	979219,046	-0,000090	12,227	4,433	-45,980	0,032	0,3819	-4,465	-50,445	-4,083	-50,063
700	-28,629520	-49,337880	57,110	979140,170	979219,069	-0,000186	17,624	6,391	-61,275	0,046	0,7628	-6,436	-67,711	-5,673	-66,948
701	-28,634970	-49,524520	100,450	979130,400	979219,483	-0,000577	30,999	11,240	-58,084	0,081	1,7709	-11,321	-69,405	-9,550	-67,634
702	-28,637100	-49,497000	66,700	979137,409	979219,645	-0,000254	20,584	7,464	-61,652	0,053	1,7939	-7,517	-69,169	-5,723	-67,375
703	-28,642380	-49,407000	48,350	979144,020	979220,046	-0,000134	14,921	5,410	-61,105	0,039	0,9997	-5,449	-66,554	-4,449	-65,554
704	-28,651100	-49,550400	75,640	979137,862	979220,708	-0,000327	23,343	8,464	-59,504	0,061	2,1897	-8,525	-68,029	-6,335	-65,839
705	-28,660600	-49,445600	59,400	979142,732	979221,430	-0,000202	18,331	6,647	-60,368	0,048	1,3197	-6,694	-67,062	-5,375	-65,742
706	-28,667601	-49,115898	19,800	979167,100	979221,962	-0,000022	6,110	2,216	-48,752	0,016	0,2005	-2,231	-50,984	-2,031	-50,783
707	-28,667800	-49,368500	46,630	979146,005	979221,978	-0,000124	14,390	5,218	-61,583	0,037	0,9482	-5,255	-66,838	-4,307	-65,890
708	-28,667900	-49,607000	97,740	979132,442	979221,985	-0,000546	30,163	10,937	-59,381	0,078	5,0531	-11,015	-70,396	-5,962	-65,343
709	-28,668580	-49,594580	79,050	979134,660	979222,037	-0,000357	24,395	8,846	-62,982	0,063	4,3869	-8,909	-71,891	-4,522	-67,504
710	-28,674330	-49,092220	30,430	979169,700	979222,474	-0,000053	9,391	3,405	-43,383	0,024	0,2474	-3,429	-46,813	-3,182	-46,565
711	-28,674440	-49,727800	390,730	979069,980	979222,482	-0,008726	120,579	43,723	-31,923	0,513	6,1739	-44,235	-76,158	-38,061	-69,985
712	-28,674999	-49,365898	49,200	979145,100	979222,525	-0,000138	15,183	5,505	-62,242	0,039	0,6512	-5,545	-67,787	-4,894	-67,135
713	-28,677500	-49,369710	45,850	979146,090	979222,715	-0,000120	14,149	5,131	-62,476	0,037	0,6185	-5,167	-67,643	-4,549	-67,025
714	-28,677500	-49,369400	46,600	979146,000	979222,715	-0,000124	14,381	5,215	-62,334	0,037	0,6125	-5,252	-67,586	-4,639	-66,974
715	-28,677550	-49,516110	53,540	979142,980	979222,719	-0,000164	16,522	5,991	-63,216	0,043	1,3041	-6,034	-69,250	-4,730	-67,946
716	-28,678220	-49,212240	8,590	979158,750	979222,770	-0,000004	2,651	0,961	-61,369	0,007	0,2450	-0,968	-62,337	-0,723	-62,092
717	-28,679380	-49,280190	24,430	979153,890	979222,858	-0,000034	7,539	2,734	-61,429	0,020	0,3100	-2,753	-64,182	-2,443	-63,872
718	-28,680000	-49,366699	45,800	979146,400	979222,905	-0,000120	14,134	5,125	-62,371	0,037	0,5565	-5,162	-67,533	-4,605	-66,976
719	-28,680000	-49,366600	45,900	979146,200	979222,905	-0,000120	14,165	5,136	-62,540	0,037	0,5567	-5,173	-67,713	-4,616	-67,157
720	-28,680080	-49,038250	21,450	979180,950	979222,911	-0,000026	6,619	2,400	-35,342	0,017	0,0590	-2,417	-37,759	-2,358	-37,700

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
721	-28,680490	-49,340330	40,850	979146,490	979222,942	-0,000095	12,606	4,571	-63,846	0,033	0,5007	-4,604	-68,450	-4,103	-67,949
722	-28,682720	-49,460910	68,750	979142,520	979223,112	-0,000270	21,216	7,693	-59,376	0,055	0,8997	-7,748	-67,124	-6,848	-66,224
723	-28,683001	-49,332501	59,900	979143,700	979223,133	-0,000205	18,485	6,703	-60,948	0,048	0,3867	-6,751	-67,699	-6,364	-67,312
724	-28,685580	-49,153300	5,710	979165,010	979223,329	-0,000002	1,762	0,639	-56,557	0,005	0,2170	-0,644	-57,201	-0,427	-56,984
725	-28,696500	-49,404610	36,700	979148,810	979224,160	-0,000077	11,326	4,107	-64,024	0,029	0,6212	-4,136	-68,160	-3,515	-67,539
726	-28,697440	-49,644880	128,490	979129,160	979224,231	-0,000944	39,652	14,378	-55,419	0,131	2,7179	-14,509	-69,929	-11,791	-67,211
727	-28,717910	-49,117550	24,920	979172,040	979225,789	-0,000035	7,690	2,789	-46,059	0,020	0,0626	-2,808	-48,867	-2,746	-48,804
728	-28,718200	-49,645800	107,230	979136,814	979225,811	-0,000657	33,091	11,999	-55,906	0,093	2,3308	-12,092	-67,998	-9,761	-65,667
729	-28,735830	-49,343050	65,840	979149,120	979227,153	-0,000248	20,318	7,367	-57,715	0,053	0,2930	-7,420	-65,135	-7,127	-64,842
730	-28,736990	-49,403880	18,590	979155,460	979227,241	-0,000020	5,737	2,080	-66,044	0,015	0,4744	-2,095	-68,139	-1,621	-67,665
731	-28,737940	-49,283270	15,490	979159,970	979227,314	-0,000014	4,780	1,733	-62,563	0,012	0,2218	-1,746	-64,309	-1,524	-64,087
732	-28,738020	-49,218860	8,580	979167,720	979227,320	-0,000004	2,648	0,960	-56,952	0,007	0,1431	-0,967	-57,919	-0,824	-57,776
733	-28,739220	-49,158300	20,950	979174,400	979227,411	-0,000025	6,465	2,344	-46,546	0,017	0,0633	-2,361	-48,907	-2,298	-48,844
734	-28,739380	-49,595830	30,210	979157,070	979227,423	-0,000052	9,323	3,380	-61,030	0,024	1,5958	-3,405	-64,435	-1,809	-62,839
735	-28,740020	-49,656880	80,150	979145,930	979227,472	-0,000367	24,734	8,969	-56,808	0,064	2,3190	-9,033	-65,841	-6,714	-63,522
736	-28,740080	-49,751910	142,810	979128,560	979227,476	-0,001166	44,071	15,980	-54,845	0,157	3,6548	-16,137	-70,983	-12,483	-67,328
737	-28,740110	-49,521800	29,070	979154,490	979227,479	-0,000048	8,971	3,253	-64,018	0,023	0,8741	-3,276	-67,294	-2,402	-66,420
738	-28,740160	-49,467130	26,360	979154,960	979227,483	-0,000040	8,135	2,950	-64,388	0,021	0,6254	-2,971	-67,359	-2,345	-66,733
739	-28,743160	-49,693250	212,640	979116,140	979227,711	-0,002584	65,621	23,794	-45,950	0,283	2,7925	-24,077	-70,027	-21,285	-67,235
740	-28,745001	-49,473301	29,300	979154,100	979227,851	-0,000049	9,042	3,279	-64,709	0,023	0,6291	-3,302	-68,011	-2,673	-67,382
741	-28,784470	-49,225050	7,620	979176,770	979230,858	-0,000003	2,352	0,853	-51,736	0,006	0,1806	-0,859	-52,595	-0,678	-52,415
742	-28,786410	-49,457860	14,920	979159,910	979231,006	-0,000013	4,604	1,670	-66,491	0,012	0,4401	-1,681	-68,173	-1,241	-67,733
743	-28,787720	-49,341720	15,340	979163,960	979231,106	-0,000013	4,734	1,717	-62,412	0,012	0,2274	-1,729	-64,141	-1,501	-63,913
744	-28,789830	-49,271160	46,370	979161,380	979231,266	-0,000123	14,310	5,189	-55,577	0,037	0,1264	-5,226	-60,803	-5,099	-60,676
745	-28,790001	-49,930000	889,400	978980,200	979231,280	-0,045213	274,469	99,524	23,389	1,112	1,0738	-100,635	-77,246	-99,562	-76,172
746	-28,791380	-49,406250	15,290	979161,670	979231,385	-0,000013	4,718	1,711	-64,996	0,012	0,3212	-1,723	-66,719	-1,402	-66,398
747	-28,791550	-49,768050	98,680	979144,230	979231,398	-0,000557	30,453	11,042	-56,715	0,079	2,6369	-11,121	-67,836	-8,484	-65,199
748	-28,792940	-49,667860	53,490	979156,320	979231,504	-0,000164	16,507	5,986	-58,677	0,043	1,5315	-6,028	-64,705	-4,497	-63,173
749	-28,793301	-49,910000	456,900	979066,900	979231,531	-0,011932	140,999	51,127	-23,632	0,622	0,3747	-51,750	-75,381	-51,375	-75,007
750	-28,795050	-49,544860	13,370	979162,140	979231,664	-0,000010	4,126	1,496	-65,398	0,011	0,7149	-1,507	-66,905	-0,792	-66,190



QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
751	-28,795490	-49,823050	140,580	979134,650	979231,698	-0,001130	43,383	15,731	-53,665	0,153	3,3497	-15,884	-69,549	-12,534	-66,199
752	-28,796130	-49,728690	85,270	979147,970	979231,747	-0,000416	26,314	9,542	-57,462	0,068	2,1938	-9,610	-67,072	-7,416	-64,879
753	-28,799550	-49,603770	41,210	979160,320	979232,007	-0,000097	12,717	4,611	-58,970	0,033	1,0095	-4,644	-63,614	-3,635	-62,605
754	-28,799999	-49,828301	62,900	979160,100	979232,042	-0,000226	19,411	7,039	-52,531	0,050	3,3009	-7,089	-59,620	-3,788	-56,319
755	-28,808610	-49,892380	189,070	979123,380	979232,698	-0,002043	58,347	21,157	-50,971	0,240	6,0549	-21,397	-72,369	-15,342	-66,314
756	-28,832001	-49,812500	95,900	979149,100	979234,482	-0,000526	29,595	10,731	-55,788	0,077	2,0986	-10,808	-66,596	-8,709	-64,497
757	-28,839300	-49,425598	19,300	979165,300	979235,039	-0,000021	5,956	2,160	-63,783	0,015	0,2824	-2,175	-65,958	-1,893	-65,676
758	-28,844630	-49,276020	3,040	979177,620	979235,446	-0,000001	0,938	0,340	-56,888	0,002	0,1079	-0,343	-57,231	-0,235	-57,123
759	-28,845580	-49,387110	31,610	979166,210	979235,519	-0,000057	9,755	3,537	-59,554	0,025	0,3368	-3,562	-63,116	-3,226	-62,779
760	-28,846860	-49,462000	6,230	979170,190	979235,616	-0,000002	1,923	0,697	-63,504	0,005	0,3217	-0,702	-64,206	-0,380	-63,884
761	-28,847020	-49,606110	21,620	979165,640	979235,628	-0,000027	6,672	2,419	-63,317	0,017	0,7285	-2,437	-65,753	-1,708	-65,025
762	-28,849050	-49,543190	5,460	979170,070	979235,783	-0,000002	1,685	0,611	-64,028	0,004	0,5165	-0,615	-64,644	-0,099	-64,127
763	-28,849380	-49,728380	61,670	979156,760	979235,809	-0,000217	19,031	6,901	-60,017	0,049	1,9927	-6,950	-66,967	-4,958	-64,975
764	-28,850020	-49,672080	36,800	979161,460	979235,857	-0,000077	11,356	4,118	-63,041	0,029	1,0148	-4,147	-67,188	-3,133	-66,174
765	-28,850380	-49,779360	71,470	979156,360	979235,885	-0,000292	22,056	7,997	-57,469	0,057	1,7981	-8,055	-65,524	-6,257	-63,726
766	-28,850860	-49,892500	190,930	979126,680	979235,922	-0,002084	58,921	21,365	-50,321	0,244	6,6063	-21,609	-71,929	-15,002	-65,323
767	-28,854080	-49,829080	99,170	979151,000	979236,167	-0,000562	30,604	11,097	-54,563	0,079	2,2828	-11,176	-65,740	-8,894	-63,457
768	-28,854799	-49,784699	73,800	979156,800	979236,222	-0,000311	22,775	8,258	-56,648	0,059	1,6983	-8,317	-64,965	-6,619	-63,267
769	-28,855000	-49,450001	21,400	979168,700	979236,238	-0,000026	6,604	2,395	-60,933	0,017	0,3330	-2,412	-63,345	-2,079	-63,012
770	-28,856550	-49,339240	13,000	979174,020	979236,356	-0,000010	4,012	1,455	-58,324	0,010	0,1149	-1,465	-59,789	-1,350	-59,674
771	-28,893550	-49,826410	124,740	979150,060	979239,181	-0,000889	38,495	13,958	-50,627	0,125	2,8933	-14,083	-64,710	-11,190	-61,816
772	-28,896910	-49,403300	1,140	979180,730	979239,438	0,000000	0,352	0,128	-58,356	0,001	0,1294	-0,128	-58,485	0,001	-58,355
773	-28,900750	-49,604380	12,430	979171,490	979239,732	-0,000009	3,836	1,391	-64,406	0,010	0,5370	-1,401	-65,807	-0,864	-65,270
774	-28,901130	-49,463410	0,520	979176,450	979239,761	0,000000	0,160	0,058	-63,150	0,000	0,2065	-0,059	-63,209	0,148	-63,002
775	-28,902690	-49,539380	3,790	979173,870	979239,880	-0,000001	1,170	0,424	-64,840	0,003	0,3681	-0,427	-65,267	-0,059	-64,899
776	-28,903160	-49,773750	53,130	979163,550	979239,916	-0,000161	16,396	5,945	-59,970	0,043	1,4252	-5,988	-65,958	-4,563	-64,532
777	-28,903520	-49,345770	2,220	979182,230	979239,943	0,000000	0,685	0,248	-57,028	0,002	0,0733	-0,250	-57,278	-0,177	-57,205
778	-28,905520	-49,721940	40,480	979165,070	979240,096	-0,000094	12,492	4,530	-62,534	0,032	0,9760	-4,562	-67,096	-3,586	-66,120
779	-28,906860	-49,885220	126,930	979147,220	979240,199	-0,000921	39,171	14,203	-53,808	0,128	5,7755	-14,332	-68,140	-8,556	-62,364
780	-28,908380	-49,660490	21,440	979169,460	979240,315	-0,000026	6,616	2,399	-64,238	0,017	0,8813	-2,416	-66,655	-1,535	-65,773

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
781	-28,920000	-49,543301	4,900	979175,800	979241,203	-0,000001	1,512	0,548	-63,891	0,004	0,3365	-0,552	-64,443	-0,216	-64,106
782	-28,930000	-49,695000	29,100	979171,100	979241,967	-0,000048	8,980	3,256	-61,887	0,023	0,7765	-3,280	-65,167	-2,503	-64,390
783	-28,935000	-49,485001	13,200	979176,100	979242,350	-0,000010	4,074	1,477	-62,176	0,011	0,1738	-1,488	-63,664	-1,314	-63,490
784	-28,946440	-49,398830	8,550	979182,540	979243,225	-0,000004	2,639	0,957	-58,046	0,007	0,0665	-0,964	-59,010	-0,897	-58,943
785	-28,950990	-49,464270	23,130	979176,800	979243,573	-0,000031	7,138	2,588	-59,635	0,019	0,1152	-2,607	-62,241	-2,492	-62,126
786	-28,951130	-49,889910	251,120	979129,330	979243,583	-0,003604	77,496	28,100	-36,758	0,352	3,8412	-28,452	-65,210	-24,611	-61,369
787	-28,956580	-49,601500	5,820	979176,010	979244,000	-0,000002	1,796	0,651	-66,194	0,005	0,4018	-0,656	-66,850	-0,254	-66,448
788	-28,956910	-49,834800	80,250	979164,550	979244,026	-0,000368	24,765	8,980	-54,710	0,064	2,2571	-9,044	-63,755	-6,787	-61,497
789	-28,959220	-49,764080	31,770	979175,480	979244,202	-0,000058	9,804	3,555	-58,918	0,025	1,1178	-3,580	-62,499	-2,463	-61,381
790	-28,959990	-49,661550	13,880	979175,130	979244,261	-0,000011	4,283	1,553	-64,848	0,011	0,5679	-1,564	-66,412	-0,996	-65,844
791	-28,962330	-49,539750	24,570	979172,700	979244,440	-0,000035	7,582	2,749	-64,158	0,020	0,2130	-2,769	-66,927	-2,556	-66,714
792	-28,963470	-49,720770	23,730	979176,420	979244,527	-0,000032	7,323	2,655	-60,784	0,019	0,7939	-2,674	-63,459	-1,880	-62,665
793	-28,023020	-48,924770	305,580	979055,670	979173,324	-0,005338	94,302	34,194	-23,352	0,444	1,3762	-34,639	-57,991	-33,263	-56,615
794	-28,027050	-48,988610	385,400	979038,650	979173,626	-0,008490	118,934	43,126	-16,042	0,508	1,5253	-43,635	-59,676	-42,109	-58,151
795	-28,080580	-48,978550	257,610	979067,950	979177,638	-0,003793	79,498	28,827	-30,190	0,364	1,0413	-29,190	-59,380	-28,149	-58,339
796	-28,150000	-48,720001	10,100	979146,000	979182,848	-0,000006	3,117	1,130	-33,732	0,008	0,6868	-1,138	-34,870	-0,451	-34,183
797	-28,154100	-48,692600	16,500	979146,900	979183,156	-0,000016	5,092	1,846	-31,165	0,013	0,3947	-1,860	-33,024	-1,465	-32,629
798	-28,181601	-48,721600	17,200	979149,000	979185,223	-0,000017	5,308	1,925	-30,915	0,014	0,4942	-1,938	-32,854	-1,444	-32,359
799	-28,181700	-48,721699	17,200	979149,100	979185,231	-0,000017	5,308	1,925	-30,823	0,014	0,4945	-1,938	-32,761	-1,444	-32,267
800	-28,185000	-48,895001	121,300	979102,400	979185,479	-0,000841	37,433	13,573	-45,645	0,118	3,3122	-13,692	-59,337	-10,380	-56,025
801	-28,189240	-48,974270	32,420	979121,250	979185,797	-0,000060	10,005	3,628	-54,543	0,026	1,8385	-3,654	-58,196	-1,815	-56,358
802	-28,200001	-48,994999	32,300	979122,000	979186,607	-0,000060	9,968	3,614	-54,639	0,026	0,9413	-3,640	-58,279	-2,699	-57,338
803	-28,225000	-48,724999	19,700	979153,800	979188,487	-0,000022	6,079	2,204	-28,608	0,016	0,4395	-2,220	-30,828	-1,781	-30,388
804	-28,239700	-48,669998	2,500	979164,000	979189,594	0,000000	0,772	0,280	-24,822	0,002	0,3044	-0,282	-25,104	0,023	-24,799
805	-28,245001	-48,781700	7,500	979156,000	979189,993	-0,000003	2,315	0,839	-31,678	0,006	2,0650	-0,845	-32,523	1,220	-30,458
806	-28,245001	-48,781601	7,600	979156,000	979189,993	-0,000003	2,345	0,850	-31,647	0,006	2,0446	-0,857	-32,504	1,188	-30,459
807	-28,246880	-48,995520	19,630	979126,600	979190,134	-0,000022	6,058	2,197	-57,476	0,016	2,1026	-2,212	-59,688	-0,110	-57,586
808	-28,263300	-48,880001	10,300	979136,300	979191,370	-0,000006	3,179	1,153	-51,892	0,008	1,3392	-1,161	-53,053	0,178	-51,713
809	-28,311600	-48,805000	6,200	979162,700	979195,010	-0,000002	1,913	0,694	-30,397	0,005	3,8412	-0,699	-31,096	3,142	-27,254
810	-28,311701	-48,805000	6,100	979162,600	979195,018	-0,000002	1,882	0,683	-30,535	0,005	3,8422	-0,687	-31,223	3,155	-27,381

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
811	-28,321699	-48,729599	8,600	979172,300	979195,772	-0,000004	2,654	0,962	-20,818	0,007	0,1837	-0,969	-21,787	-0,786	-21,603
812	-28,350000	-48,820000	6,600	979166,300	979197,907	-0,000002	2,037	0,739	-29,570	0,005	0,3718	-0,744	-30,314	-0,372	-29,942
813	-28,450899	-48,970600	8,000	979158,300	979205,530	-0,000004	2,469	0,895	-44,761	0,006	0,2753	-0,902	-45,663	-0,626	-45,388
814	-28,457100	-48,792801	6,900	979174,900	979205,999	-0,000003	2,129	0,772	-28,970	0,006	0,0972	-0,778	-29,748	-0,680	-29,650
815	-29,000000	-49,759998	43,900	979176,800	979247,324	-0,000110	13,548	4,912	-56,976	0,035	0,9466	-4,948	-61,924	-4,001	-60,977
816	-28,241045	-48,664105	12,708	979164,140	979189,695	-0,000009	3,922	1,422	-21,633	0,010	0,2462	-1,432	-23,065	-1,186	-22,819
817	-28,278861	-48,700594	4,917	979170,636	979192,543	-0,000001	1,517	0,550	-20,390	0,004	0,2169	-0,554	-20,944	-0,337	-20,727
818	-28,320605	-48,728360	9,252	979172,014	979195,689	-0,000005	2,855	1,035	-20,820	0,007	0,1816	-1,043	-21,863	-0,861	-21,681
819	-28,245950	-48,677157	7,289	979166,541	979190,064	-0,000003	2,249	0,816	-21,274	0,006	0,6898	-0,821	-22,095	-0,132	-21,405
820	-28,229141	-48,664788	5,537	979163,431	979188,799	-0,000002	1,709	0,620	-23,659	0,004	0,2834	-0,624	-24,283	-0,341	-24,000
821	-28,218258	-48,677557	80,266	979149,318	979187,980	-0,000368	24,770	8,982	-13,891	0,064	0,3782	-9,046	-22,937	-8,668	-22,559
822	-28,215530	-48,694964	27,283	979157,365	979187,775	-0,000043	8,419	3,053	-21,990	0,022	0,3045	-3,075	-25,065	-2,770	-24,761
823	-28,215185	-48,699391	25,659	979155,137	979187,749	-0,000038	7,918	2,871	-24,693	0,021	0,3160	-2,892	-27,585	-2,576	-27,269
824	-28,181866	-48,696141	23,437	979149,103	979185,243	-0,000031	7,233	2,623	-28,908	0,019	0,3368	-2,641	-31,549	-2,305	-31,212
825	-28,154475	-48,692470	16,683	979147,181	979183,185	-0,000016	5,148	1,867	-30,855	0,013	0,3926	-1,880	-32,736	-1,488	-32,343
826	-28,197635	-48,689464	45,752	979149,572	979186,429	-0,000120	14,119	5,120	-22,738	0,037	0,3056	-5,156	-27,894	-4,851	-27,589
827	-28,202406	-48,690391	39,187	979151,862	979186,787	-0,000088	12,093	4,385	-22,832	0,031	0,3068	-4,416	-27,249	-4,110	-26,942
828	-28,228755	-48,651414	6,131	979166,109	979188,770	-0,000002	1,892	0,686	-20,768	0,005	0,2988	-0,691	-21,459	-0,392	-21,161
829	-28,230067	-48,654334	6,030	979165,044	979188,868	-0,000002	1,861	0,675	-21,964	0,005	0,2912	-0,680	-22,643	-0,388	-22,352
830	-28,231338	-48,650374	6,491	979167,745	979188,964	-0,000002	2,003	0,726	-19,216	0,005	0,3838	-0,731	-19,948	-0,348	-19,564
831	-28,248500	-48,700463	13,815	979164,297	979190,256	-0,000011	4,263	1,546	-21,696	0,011	0,6385	-1,557	-23,253	-0,918	-22,615
832	-28,263557	-48,691273	17,769	979165,374	979191,390	-0,000018	5,483	1,988	-20,533	0,014	0,3273	-2,003	-22,535	-1,675	-22,208
833	-28,296476	-48,714006	13,791	979171,414	979193,870	-0,000011	4,256	1,543	-18,201	0,011	0,1913	-1,554	-19,755	-1,363	-19,564
834	-28,237237	-48,655731	9,366	979166,780	979189,408	-0,000005	2,890	1,048	-19,738	0,007	0,2535	-1,056	-20,794	-0,802	-20,540
835	-28,232145	-48,653534	6,075	979166,837	979189,025	-0,000002	1,875	0,680	-20,313	0,005	0,3418	-0,685	-20,998	-0,343	-20,656
836	-28,241127	-48,664667	13,717	979163,817	979189,701	-0,000011	4,233	1,535	-21,651	0,011	0,2504	-1,546	-23,197	-1,295	-22,946
837	-28,241160	-48,664632	13,716	979163,817	979189,703	-0,000011	4,233	1,535	-21,654	0,011	0,2501	-1,546	-23,199	-1,296	-22,949
838	-28,158061	-48,735060	18,328	979146,961	979183,454	-0,000019	5,656	2,051	-30,837	0,015	0,7488	-2,066	-32,902	-1,317	-32,153
839	-28,156008	-48,711822	9,562	979152,923	979183,300	-0,000005	2,951	1,070	-27,426	0,008	0,8586	-1,078	-28,504	-0,219	-27,645
840	-28,157752	-48,683281	5,721	979150,859	979183,431	-0,000002	1,765	0,640	-30,806	0,005	0,3823	-0,645	-31,451	-0,262	-31,069

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

continuação

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
841	-28,157913	-48,659033	1,899	979154,950	979183,443	0,000000	0,586	0,212	-27,907	0,002	0,3253	-0,214	-28,121	0,111	-27,795
842	-28,172182	-48,742001	2,779	979151,517	979184,515	0,000000	0,857	0,311	-32,140	0,002	1,1970	-0,313	-32,454	0,884	-31,257
843	-28,171362	-48,717915	4,981	979153,194	979184,453	-0,000001	1,537	0,557	-29,722	0,004	0,5386	-0,561	-30,284	-0,023	-29,745
844	-28,171287	-48,700187	20,451	979147,512	979184,448	-0,000024	6,311	2,288	-30,625	0,016	0,4104	-2,305	-32,930	-1,894	-32,519
845	-28,170991	-48,686573	24,800	979148,438	979184,426	-0,000035	7,653	2,775	-28,334	0,020	0,3458	-2,795	-31,129	-2,449	-30,783
846	-28,172106	-48,675006	16,343	979152,687	979184,509	-0,000015	5,043	1,829	-26,779	0,013	0,3292	-1,842	-28,621	-1,513	-28,291
847	-28,165132	-48,668582	2,834	979154,926	979183,985	0,000000	0,874	0,317	-28,185	0,002	0,3263	-0,319	-28,504	0,007	-28,178
848	-28,169684	-48,662035	3,734	979155,788	979184,327	-0,000001	1,152	0,418	-27,387	0,003	0,3059	-0,421	-27,808	-0,115	-27,502
849	-28,179122	-48,745431	4,928	979151,905	979185,037	-0,000001	1,521	0,551	-31,611	0,004	1,3010	-0,555	-32,166	0,746	-30,865
850	-28,268239	-48,749797	1,926	979162,680	979191,742	0,000000	0,594	0,215	-28,468	0,002	1,1824	-0,217	-28,685	0,965	-27,503
851	-28,178921	-48,731179	0,703	979154,096	979185,022	0,000000	0,217	0,079	-30,709	0,001	0,6079	-0,079	-30,788	0,529	-30,180
852	-28,176818	-48,716520	9,979	979152,033	979184,864	-0,000006	3,079	1,117	-29,751	0,008	0,4996	-1,125	-30,875	-0,625	-30,376
853	-28,182227	-48,681540	24,438	979151,957	979185,270	-0,000034	7,541	2,735	-25,772	0,020	0,3822	-2,754	-28,526	-2,372	-28,144
854	-28,180894	-48,663091	3,452	979157,848	979185,170	-0,000001	1,065	0,386	-26,256	0,003	0,3451	-0,389	-26,645	-0,044	-26,300
855	-28,188314	-48,729180	0,612	979153,263	979185,728	0,000000	0,189	0,068	-32,276	0,000	0,5346	-0,069	-32,345	0,466	-31,811
856	-28,190292	-48,715949	9,790	979151,387	979185,876	-0,000005	3,021	1,095	-31,469	0,008	0,4079	-1,103	-32,572	-0,695	-32,164
857	-28,189112	-48,696694	26,258	979149,849	979185,788	-0,000039	8,103	2,938	-27,836	0,021	0,3302	-2,959	-30,795	-2,629	-30,465
858	-28,195322	-48,671294	48,141	979152,077	979186,255	-0,000132	14,856	5,387	-19,322	0,039	0,5052	-5,425	-24,747	-4,920	-24,242
859	-28,194829	-48,660214	57,856	979151,032	979186,218	-0,000191	17,854	6,474	-17,331	0,046	0,3909	-6,520	-23,852	-6,129	-23,461
860	-28,199606	-48,710738	8,432	979152,842	979186,577	-0,000004	2,602	0,943	-31,133	0,007	0,3877	-0,950	-32,083	-0,563	-31,695
861	-28,202734	-48,700330	17,133	979152,504	979186,812	-0,000017	5,287	1,917	-29,021	0,014	0,3401	-1,931	-30,952	-1,591	-30,612
862	-28,205844	-48,669946	91,302	979143,664	979187,046	-0,000476	28,176	10,217	-15,206	0,073	0,3593	-10,290	-25,496	-9,930	-25,137
863	-28,209843	-48,744444	15,551	979153,640	979187,347	-0,000014	4,799	1,740	-28,908	0,012	0,7299	-1,753	-30,661	-1,023	-29,931
864	-28,209891	-48,727928	4,137	979156,974	979187,350	-0,000001	1,277	0,463	-29,099	0,003	0,4746	-0,466	-29,566	0,008	-29,091
865	-28,213213	-48,713326	16,458	979152,667	979187,600	-0,000015	5,079	1,842	-29,855	0,013	0,3586	-1,855	-31,710	-1,496	-31,351
866	-28,228343	-48,747703	3,913	979156,128	979188,739	-0,000001	1,207	0,438	-31,404	0,003	1,3295	-0,441	-31,845	0,889	-30,515
867	-28,223850	-48,717579	11,470	979154,051	979188,401	-0,000008	3,540	1,283	-30,810	0,009	0,3738	-1,293	-32,103	-0,919	-31,729
868	-28,228159	-48,673976	42,983	979156,363	979188,725	-0,000106	13,264	4,810	-19,097	0,034	0,4136	-4,844	-23,941	-4,431	-23,528
869	-28,234793	-48,757569	1,148	979157,629	979189,224	0,000000	0,354	0,128	-31,241	0,001	1,6893	-0,129	-31,370	1,560	-29,681
870	-28,232691	-48,702373	3,035	979162,583	979189,066	-0,000001	0,936	0,340	-25,546	0,002	0,5359	-0,342	-25,888	0,194	-25,352

QUADRO 01 – DADOS TOPOGRÁFICOS, ALTIMÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS OBTIDOS E CALCULADOS PARA A REGIÃO DO DVB

conclusão

Pto	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude Ort. (m)	Gravidade Real	Gravidade Normal	Efeito Indireto (m)	Correção Ar-Livre (mGal)	A (mGal)	Anomalia Ar-Livre (mGal)	B (mGal)	C - Programa TC (mGal)	Correção Bouguer Simplif. (mGal)	Anomalia Bouguer Simplif. (mGal)	Correção Bouguer Completa (mGal)	Anomalia Bouguer Completa (mGal)
871	-28,237098	-48,672976	20,061	979161,912	979189,398	-0,000023	6,191	2,245	-21,295	0,016	0,3435	-2,261	-23,556	-1,917	-23,212
872	-28,244755	-48,665591	4,390	979166,532	979189,974	-0,000001	1,355	0,491	-22,087	0,004	0,2660	-0,495	-22,582	-0,229	-22,316
873	-28,269836	-48,762127	25,910	979156,916	979191,863	-0,000038	7,996	2,899	-26,951	0,021	1,1779	-2,920	-29,871	-1,742	-28,693
874	-28,263667	-48,704775	1,739	979169,656	979191,398	0,000000	0,537	0,195	-21,206	0,001	0,3320	-0,196	-21,402	0,136	-21,070
875	-28,259984	-48,685195	30,255	979163,017	979191,121	-0,000052	9,337	3,385	-18,767	0,024	0,4895	-3,410	-22,177	-2,920	-21,687
876	-28,295080	-48,754666	8,823	979163,824	979193,765	-0,000004	2,723	0,987	-27,218	0,007	0,3686	-0,994	-28,213	-0,626	-27,844
877	-28,289332	-48,710729	12,073	979171,562	979193,332	-0,000008	3,726	1,351	-18,044	0,010	0,2096	-1,361	-19,405	-1,151	-19,195
878	-28,307827	-48,721649	11,495	979170,628	979194,726	-0,000008	3,547	1,286	-20,551	0,009	0,1929	-1,295	-21,846	-1,103	-21,654
879	-28,323223	-48,737293	2,601	979173,103	979195,887	0,000000	0,803	0,291	-21,981	0,002	0,2064	-0,293	-22,274	-0,087	-22,068
880	-28,319888	-48,715375	6,774	979172,162	979195,635	-0,000003	2,090	0,758	-21,383	0,005	0,1604	-0,763	-22,146	-0,603	-21,986
881	-28,293470	-48,718753	8,893	979170,009	979193,644	-0,000005	2,744	0,995	-20,890	0,007	0,2205	-1,002	-21,893	-0,782	-21,672
882	-28,264968	-48,776803	6,889	979159,643	979191,496	-0,000003	2,126	0,771	-29,728	0,006	1,0280	-0,776	-30,504	0,252	-29,476
883	-28,280584	-48,781642	7,178	979160,430	979192,672	-0,000003	2,215	0,803	-30,027	0,006	0,9484	-0,809	-30,836	0,139	-29,888
884	-28,294652	-48,765643	23,394	979159,587	979193,733	-0,000031	7,219	2,618	-26,926	0,019	0,4423	-2,636	-29,562	-2,194	-29,120
885	-28,300544	-48,788092	4,732	979161,893	979194,177	-0,000001	1,460	0,529	-30,824	0,004	0,9551	-0,533	-31,357	0,422	-30,402
886	-28,317748	-48,790990	40,049	979155,698	979195,474	-0,000092	12,359	4,481	-27,417	0,032	0,7278	-4,513	-31,930	-3,786	-31,203
887	-28,335977	-48,790632	47,290	979158,533	979196,849	-0,000128	14,594	5,292	-23,722	0,038	0,6878	-5,330	-29,052	-4,642	-28,364
888	-28,345461	-48,777494	0,803	979169,946	979197,564	0,000000	0,248	0,090	-27,371	0,001	0,5468	-0,090	-27,461	0,456	-26,914
889	-28,317334	-48,771243	3,313	979166,577	979195,443	-0,000001	1,022	0,371	-27,843	0,003	0,6318	-0,373	-28,216	0,258	-27,585
890	-28,234883	-48,655730	8,491	979166,227	979189,231	-0,000004	2,620	0,950	-20,384	0,007	0,2737	-0,957	-21,341	-0,683	-21,067
891	-28,240653	-48,658557	5,068	979166,666	979189,665	-0,000001	1,564	0,567	-21,435	0,004	0,2302	-0,571	-22,007	-0,341	-21,776
892	-28,234021	-48,663755	5,251	979164,001	979189,166	-0,000002	1,620	0,588	-23,545	0,004	0,2622	-0,592	-24,137	-0,330	-23,875
893	-28,218399	-48,666520	2,136	979163,070	979187,990	0,000000	0,659	0,239	-24,261	0,002	0,5002	-0,241	-24,502	0,260	-24,002
894	-28,226836	-48,694739	5,150	979164,422	979188,625	-0,000002	1,589	0,576	-22,615	0,004	0,6587	-0,580	-23,195	0,078	-22,536
895	-28,240377	-48,679800	25,106	979162,874	979189,644	-0,000036	7,748	2,809	-19,023	0,020	0,5916	-2,829	-21,853	-2,238	-21,261
896	-28,251172	-48,687896	259,333	979111,059	979190,457	-0,003844	80,030	29,019	0,632	0,367	1,6021	-29,386	-28,754	-27,784	-27,152
897	-28,238114	-48,659433	11,266	979164,484	979189,474	-0,000007	3,477	1,261	-21,514	0,009	0,2445	-1,270	-22,783	-1,025	-22,539
898	-28,232107	-48,650037	6,851	979167,496	979189,022	-0,000003	2,114	0,767	-19,412	0,005	0,4067	-0,772	-20,184	-0,365	-19,777
899	-28,231672	-48,650577	1,802	979168,620	979188,989	0,000000	0,556	0,202	-19,813	0,001	0,3958	-0,203	-20,016	0,193	-19,620